

SISTEMA DOMÓTICO PARA ADULTOS MAYORES CON DEPENDENCIA
FUNCIONAL

DANIEL MAHECHA PEREZ
JULIAN CAMILO FLOREZ QUIÑONES

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ D.C.
2020

SISTEMA DOMÓTICO PARA ADULTOS MAYORES CON DEPENDENCIA
FUNCIONAL

DANIEL MAHECHA PEREZ
JULIAN CAMILO FLOREZ QUIÑONES

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico y de
Telecomunicaciones

Director
JOSÉ ROBERTO CUARÁN VALENZUELA
Ingeniero Electrónico, MSc.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ
2020



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:

Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, Mes de 2020

Este trabajo es dedicado a Dios principalmente por darnos esa motivación física y mental que fue tan importante para lograr nuestros objetivos y metas.

A nuestra familia, amigos, profesores que participaron y nos apoyaron para la realización de este Trabajo de Grado.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente dar las gracias a la Universidad Católica de Colombia en la facultad de Ingeniería electrónica y telecomunicaciones, especialmente al Ingeniero José Roberto Cuarán Valenzuela por apoyarnos y orientarnos en el desarrollo como director de nuestro Trabajo de Grado.

Agradezco también a todas aquellas personas que fueron participes y contribuyeron de una u otra forma en la elaboración de este Trabajo de Grado, para nuestro desarrollo profesional, ético y personal.

CONTENIDO

Pág.

1	PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVO GENERAL	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	JUSTIFICACIÓN	19
4	ANTECEDENTES	20
5	MARCO TEÓRICO	24
5.1	DOMÓTICA.....	24
5.2	DISPOSITIVOS Y SENSORES.....	26
5.3	TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.....	26
5.3.1	IRDA.....	28
5.3.2	Radio frecuencia.....	28
5.3.3	Red LAN inalámbrica	29
5.3.4	Red WIMAX	30
5.4	REDES DE ACCESO.....	31
5.5	TOPOLOGÍAS DE RED EN EL CAMPO DE LA DOMÓTICA	31
5.6	ADULTO MAYOR	32
5.6.1	Envejecimiento.....	32
5.6.2	Dependencia funcional	33
5.6.3	El panorama del adulto mayor en Colombia	33
5.6.4	Discapacidad	34
6	METODOLOGÍA.....	35
6.1	FASE DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	35
6.2	FASE DE DISEÑO	36
6.3	FASE DE IMPLEMENTACIÓN.....	36
6.4	FASE DE PRUEBAS Y VALIDACIÓN.....	36
7	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	37
7.1	RECOPIACIÓN DE DATOS DE LA VIVIENDA	37

7.1.1	Tipos de iluminación que se encontraron en sitio.	38
7.1.2	Tipos de conexión en las válvulas de agua	39
7.1.3	Conexión para gas	40
7.1.4	Tomas e interruptores eléctricos	40
8	RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO	41
8.1	ESTADÍSTICAS DEL DANE EN LOS ÚLTIMOS 10 AÑOS SEGÚN	
	PRINCIPAL ESTRUCTURA O FUNCIÓN CORPORAL AFECTADA.	41
8.2	ENCUESTA DE ADULTOS MAYORES EN BOGOTÁ.....	42
9	DISEÑO.....	46
9.1	DISEÑO PRELIMINAR.....	46
9.1.1	Interfaz del usuario	46
9.1.2	Actuadores	52
9.1.3	Sensores	56
9.2	DISEÑO FINAL	59
9.2.1	Arquitecturas	59
9.2.2	Diseño hardware	60
9.2.3	Elementos seleccionados	62
10	DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO	65
10.1	DESCRIPCIÓN MODULOS	65
11	IMPLEMENTACIÓN	67
12	DESCRIPCIÓN FINANCIERA DEL SISTEMA DOMOTICO.....	69
13	CONCLUSIONES.....	70
	BIBLIOGRAFÍA.....	72
	ANEXOS.....	75

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de tecnologías inalámbricas usadas en la domótica.	27
Tabla 2. Estadística de personas mayores de 60 años en Colombia con alguna limitación física.....	41
Tabla 3. Estadística de personas mayores de 60 años en Bogotá D.C. con alguna limitación.....	42
Tabla 4. Tabla comparativa de módulos de reconocimiento de voz.	47
Tabla 5. Listado de comandos de voz configurados al módulo de reconocimiento de voz.	48
Tabla 6. Cuadro comparativo del módulo transmisor – receptor.....	49
Tabla 7. Cuadro comparativo de las tarjetas de control.....	50
Tabla 8. Tabla comparativa de las placas Arduino.	51
Tabla 9. Tabla comparativa de modelos Relés.	53
Tabla 10. Cuadro comparativo de electroválvulas para agua.	54
Tabla 11. Cuadro comparativo de electroválvulas para gas.	55
Tabla 12. Tabla comparativa de los sensores de movimiento.	57
Tabla 13. Tabla comparativa de sensores de humo.	58
Tabla 14. Costo total final del sistema domótico implementado en la vivienda.	69
Tabla 15. Conexión del módulo reconocimiento de voz a Arduino.	75

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Hogar digital.....	24
Figura 2. Sistemas y equipamiento para la vivienda domótica	25
Figura 3. Diagrama de Funcionamiento general de la domótica.....	26
Figura 4. Tecnologías de redes domésticas	27
Figura 5. Tecnología Infrarrojo.....	28
Figura 6. Comunicación por RF	29
Figura 7. Red Inalámbrica de Área Local.....	30
Figura 8. Red WIMAX.....	30
Figura 9. Topologías usadas en Domótica	31
Figura 10. Adulto mayor.....	32
Figura 11. Dependencia del adulto mayor	33
Figura 12. Diagrama de bloques del desarrollo del proyecto.	35
Figura 13. Dependencias de una vivienda tipo familiar a implementar el sistema.	37
Figura 14. Ubicación de las bombillas en toda el área de la vivienda.....	37
Figura 15. Lámpara led, Roseta bombillo regular, plafón de techo 2 a 3 bombillos y lámparas de techo	38
Figura 16. Conexión tubería de media pulgada con manguera del sanitario, lavamanos, lava platos, registro y llaves de paso de agua	39
Figura 17. Conexión manguera de gas.....	40
Figura 18. Tomas e interruptores eléctricos.....	40
Figura 19. Limitaciones o enfermedades en los encuestados mayores de 60 años (30 personas).....	43

Figura 20. Estrato de los encuestados.....	43
Figura 21. Habilidad con un Smart Phone en mayores de 60 años en los encuestados (30 personas)	44
Figura 22. Limitaciones o enfermedades en los encuestados menores de 60 años (30 personas).....	45
Figura 23. Habilidad con un Smart Phone en menores de 60 años en los encuestados (30 personas)	45
Figura 24. Descripción general del proceso.....	46
Figura 25. Pulsadores para 12 canales	47
Figura 26. Unidad control.....	52
Figura 27. Modulo relés de 16 canales con circuito integrado	53
Figura 28. Modulo RF 12 Canales – parte receptora.....	56
Figura 29. Sensor de movimiento	58
Figura 30. Sensor de humo – gas.....	59
Figura 31. Arquitectura centralizada	59
Figura 32. Circuito y esquema de la etapa de transmisión	60
Figura 33. Circuito y esquema para imprimir de la etapa de transmisión	61
Figura 34. Prototipo de interfaz del sistema.....	61
Figura 35. Resumen de elementos seleccionados	62
Figura 36. Diagrama de conexión del receptor de radio frecuencia.....	63
Figura 37. Conexión relé carga DC.....	63
Figura 38. Conexión relé carga AC.....	64
Figura 39. Diagrama electrónico de la conexión general del sistema domótico	64

Figura 40. Implementación de electroválvula de agua.....	67
Figura 41. Implementación sensor de movimiento.....	67
Figura 42. Implementación sensor de gas	68
Figura 43. Implementación sistema módulo de receptor de radio frecuencia	68
Figura 44. Conexión física con el módulo de pruebas ARDUINO UNO.....	75
Figura 45. Pregunta No. 1.....	89
Figura 46. Pregunta No. 2.....	90
Figura 47. Pregunta No. 3.....	91
Figura 48. Pregunta No. 4.....	92
Figura 49. Pregunta No. 5.....	92

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A. Entrenamiento del módulo de reconocimiento de voz	75
Anexo B. Código de programación del sistema domótico.....	83
Anexo C. Encuesta	89

GLOSARIO

ADULTO MAYOR: es aquel individuo que se encuentra en la última etapa de la vida, esta sigue después de la adultez y antecede la muerte de la persona.

DISCAPACIDAD FUNCIONAL: es una restricción o limitación física, consecuencia de una deficiencia para realizar una actividad cotidiana que es considerada normal para el ser humano.

DOMOTICA: es un conjunto de sistemas capaces de automatizar un hogar con un método inteligente de gestión de energía, seguridad, comunicación, bienestar y confort. Estos sistemas están conectados alámbrica e inalámbricamente a la red externa e interna para comunicarse entre sí, por medio de mecanismos administrados generalmente por el usuario final.

FACTOR DE RIESGO: es cualquier rasgo, característica o exposición de un individuo que aumente su probabilidad de sufrir una enfermedad o lesión.

RESUMEN

En este trabajo de grado, se implementa un sistema domótico que se controla por medio de un control manual inalámbrico que establece la comunicación por medio de radio frecuencia de tipo punto a punto, también incorpora un sistema de reconocimiento de voz, donde ejecuta comandos básicos para activar y desactivar un interruptor, un actuador o un sensor. Al integrar este sistema de comunicación por RF, según las pruebas realizadas, se garantiza un buen alcance en la comunicación entre dispositivos de forma instantánea.

Este Trabajo de Grado se desarrolla, ya que, según las estadísticas a nivel nacional y encuestas realizadas, hay un cierto porcentaje de personas adultas mayores con limitaciones físicas, entre la que más se destaca, se conoce como dependencia funcional. Este sistema les brindará una forma de mitigar este tipo de dificultades diarias en el hogar al usuario.

El sistema domótico se implementó en las dependencias principales de una vivienda, donde se pone prueba su funcionamiento según la orden o el comando ejecutado.

PALABRAS CLAVES:

DISCAPACIDAD FUNCIONAL
DOMOTICA
RECONOCIMIENTO DE VOZ
AUTOMATIZACIÓN

INTRODUCCIÓN

Unos de los grandes campos que abarcan los sistemas de automatización es la domótica. Esto comprende un conjunto de comodidades que puede tener una persona ordinaria en su hogar, para simplificar los tiempos en sus actividades diarias, minimizar los costes en el consumo energético, mejorar la seguridad para obtener mejor calidad de vida, entre otros. Sin embargo, estos sistemas no están concebidos necesariamente para adultos mayores, quienes deben adaptarse a estas nuevas tecnologías, incluyendo sistemas electrónicos que son aplicados en la domótica, como por ejemplo un controlador automático de válvulas, sistema sensorial de luces o control de dispositivos domésticos con cualquier tecnología inalámbrica, entre otros.

Lo anterior debido a que esta población no está familiarizada con esta tecnología, o el sistema no está adaptado para facilitarle sus actividades en su diario vivir. Por ello se debe lograr adaptar ciertos métodos que sean amigables, dirigidos en especial para las personas adultas, conservando las funcionalidades y tecnologías que hasta el momento se han implementado.

Un sistema domótico básico que abarque y beneficie las necesidades de todos, inclusive a los usuarios con discapacidades motrices y/o mentales, sería satisfactorio, sabiendo que hoy en día los sistemas existentes son poco asequibles y tienen algunas limitaciones como el hecho de que en ciertos países no es legal su comercialización y distribución por falta de permisos y aprobaciones.

Debido a esto, en este trabajo de grado se llevó a cabo la implementación de un sistema domótico controlado con una consola central portable enfocada hacia adultos con una dependencia funcional moderada, para que tenga acceso a ella de una forma sencilla y eficiente. El dispositivo establece la conexión y transmisión de información usando la transmisión por radio frecuencia, permitiendo aumentar el rango de comunicación que abarca una vivienda, a su vez cumple con las funcionalidades principales de reconocimiento de voz y control de diferentes acciones como por ejemplo encender o apagar las luces, abrir o cerrar puertas, entre otras.

Dichas funciones están dirigidas a controlar y administrar dispositivos en el hogar como actuadores, interruptores, válvulas y sensores para garantizar una conexión estable y continua, logrando así la comunicación total dentro de la casa, ya sea la cocina, sala, comedor, patio, baño, etc., y administrar el dispositivo mediante plataformas de almacenamiento en la nube que estén continuamente monitoreando el sistema, esto con el fin lograr que estas personas tengan mayor confianza y así la tecnología pueda aplicarse en sus vidas positivamente.

1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, el envejecimiento de la población implica cambios en la capacidad motriz de la persona, generándoles deterioro de su calidad de vida. Este proceso de envejecimiento presenta ciertas limitaciones como pérdida de autonomía e independencia, adaptabilidad, disfuncionalidad motriz, las cuales se convierten en retos y preocupación.

La condición motriz de los adultos mayores en las actividades de la vida diaria ha ido decayendo desde hace unos años atrás ya que se ha venido presentando un envejecimiento de la población a nivel mundial con una serie de cambios a nivel fisiológico, psicológico y morfológico. Según un estudio que se realizó a 61 adultos mayores, el test de Tinetti y la escala de Barthel, el 41% son hipertensos, cerca de un 25% son diabéticos y padecen de osteoporosis, lo que nos indica tener alto riesgo de caídas por dificultades de equilibrio al caminar ¹.

Dolencias de las extremidades son parte de una de las etapas duras de la vejez, al no poder realizar sus labores comunes como ir al baño, levantarse, bañarse y muchas veces los quehaceres de la casa. A medida que avanza su deterioro físico, disminuye sus capacidades, actividades y aumenta sus limitaciones, volviéndose cada vez más dependiente de algo ya sea un bastón, una silla de ruedas, entre otros, o en su defecto de alguien como una enfermera en casa, un familiar que lo ayude a moverse, familiar, vecino, etc. Esta condición se conoce como *dependencia funcional*.

Ante esto, en este Trabajo de Grado se desarrolló un sistema electrónico que les facilite a los adultos mayores realizar algunas de sus labores diarias según lo requiera su condición motora en el hogar.

En este orden de ideas, se buscó responder a la pregunta de investigación: ¿cómo desarrollar un sistema electrónico para una vivienda que mitigue la dependencia funcional en los adultos mayores?

¹ Gutiérrez Robledo, Luis Miguel, María del Carmen García-Peña, y Javier Jiménez Bolón. «Envejecimiento y dependencia: realidades y previsión para los próximos años: documento de postura». {2013 - 2014}. {En línea}. Disponible en: <https://www.anmm.org.mx/publicaciones/CAnivANM150/L11-Envejecimiento-y-dependencia.pdf>

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema domótico de bajo costo para mitigar la dependencia funcional de los adultos mayores.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las limitaciones funcionales más comunes que presentan los adultos mayores en la ciudad de Bogotá.
- Identificar las tecnologías existentes para sistemas domóticos.
- Identificar los requerimientos del sistema domótico ajustado a las necesidades de un adulto mayor.
- Diseñar el sistema domótico integrando los diferentes sensores, actuadores y unidad de control
- Implementar el sistema en una vivienda de adultos mayores.
- Validar el funcionamiento del sistema.

3 JUSTIFICACIÓN

La domótica aporta beneficios y facilidades al momento de automatizar una vivienda, ya que garantiza sistemas de control automático en dispositivos capaces de brindar seguridad, accesibilidad, servicios de gestión energético y constante comunicación. Todos estos servicios pueden ser enfocados hacia personas adultas mayores con dependencia funcional principalmente a un nivel moderado, los cuales se encuentran en un rango de edad de 50 a 70 años, para que les permita tener el alcance de interactuar con dispositivos electrónicos que componen la domótica, para que hagan el papel de acompañante en el hogar para su bienestar.

Las dificultades y limitaciones físicas que presentan las personas que están en una determinada edad adulta, las obliga a depender de otros factores o elementos, tales como un bastón, una silla de ruedas, un guía, entre otras dependencias. Estas personas comúnmente presentan incapacidad para efectuar actividades básicas como vestirse, acostarse, levantarse, caminar, usar el baño, comer, actividades que son esenciales para el cuidado personal y la autonomía. Sin embargo, gracias al desarrollo tecnológico, es posible mitigar estas limitaciones.

Este Trabajo de Grado está concebido para demostrar que, mediante aplicaciones domóticas, es posible mitigar la dependencia funcional de adultos mayores. Esto, gracias a un sistema automático, fácil de utilizar y de bajo costo.

4 ANTECEDENTES

A continuación, se recopilan algunos desarrollos de investigación, trabajos de tesis y artículos encaminados hacia el uso de sistemas domóticos, tanto a nivel local como internacional.

A nivel local, en la Universidad Católica de Colombia, ² se diseñó y se implementó un sistema domótico capaz de controlar los aparatos electrónicos básicos con ayuda de las energías renovables; es utilizado y administrado mediante una aplicación móvil, enfocado a la comunidad que tienen difícil acceso o en zonas rurales. En su trabajo relacionan el principio de auto sostenibilidad, que se tiene en cuenta a partir de las energías renovables, adquisición del agua y tratamiento adecuado de residuos. Una aplicación móvil que les permite tener el control total de dispositivos mecánicos, pasivos, activos y electrónicos, sin necesidad de encontrarse cerca de ella. Todo controlado de forma remota por medio de un teléfono inteligente.

Julián Camargo y otros, ³ de la Universidad Distrital de Colombia, diseñaron e implementaron un dispositivo de reconocimiento de voz humana mediante el uso de la tecnología DSP (procesador digital de señales) con codificación lineal predictiva (LCP). Este tipo de sistemas fue concebido para niños con déficit motriz, adultos de tercera edad que requieren asistencia automática o personas que por alguna enfermedad no puedan efectuar labores comunes. Esto se logra controlando elementos y dispositivos cotidianos ubicados en el hogar; como activar una ventana, un sistema de riego, encender un bombillo y apagar un equipo de sonido. El protocolo de comunicación aplicado fue IEEE 802.15.4 con radios de ZigbeePro, donde se requirió de diferentes formas de control y el famoso sistema de reconocimiento automático del habla (RAH).

Juliana Ocampo de la Universidad Católica de Pereira, ⁴ aplicó la domótica teniendo en cuenta especialmente la arquitectura donde se integran dispositivos y elementos como la iluminación, equipo de sonido, una persiana, sensores de humo y movimiento, cámaras y sistemas de riego para jardines. Este es un factor muy importante ya que como se sabe, entre mejor distribuido este las dependencias en un hogar, estos dispositivos y la administración serán más eficientes en las respuestas ejecutadas por el usuario. Así se representará esta utilidad para identificar el área de intervención (planos) donde es importante para este desarrollo,

² Ortiz Meléndez y Velandia Prieto, «Diseño de una vivienda domótica autosustentable para el área rural en piso térmico frío». {En línea}. {2014}. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1376>

³ Camargo, García, y Gaona, «Human Voice Recognition Applied to Domotics». {En línea}. {septiembre 2012}. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5038438.pdf>

⁴ Builes Ocampo, «Implementación en las tipologías de vivienda familiar del sistema tecnológico domótica». {En línea}. {17 de Julio de 2014}. Disponible en: <http://repositorio.ucp.edu.co/handle/10785/4706>

metódico y sobre todo consultando las disposiciones técnicas para la instalación de estos artefactos y darle vida al incluir la domótica como tal.

Por otra parte, como antecedentes internacionales, Fátima Moumtad y otros,⁵ de la Universidad Nacional autónoma de México, se centraron fundamentalmente en la telemedicina, logrando que a personas cuyas capacidades físicas fueron disminuidas temporalmente, incrementen su nivel de autonomía, debido a que la sustitución de actividades motrices o discernimiento requiere complejos sistemas de modelado. Es por esto, que desarrollaron aplicaciones para controlar dispositivos eléctricos y electrónicos por medio de un teléfono celular capaz de reconocer comandos de voz humanas. Este sistema se basa generalmente en redes Konnex-KNX y un algoritmo de reconocimiento de comandos, que se clasifican en básicamente 3 grupos.

El primero es la ejecución de comandos de voz en las casas y edificios inteligentes (cargas simples, como prender o apagar luces), el segundo se basa básicamente en disparar procesos en un servidor de aplicaciones (reproducción de multimedia) y, por último, el direccionamiento y visualización de páginas web, como noticias o el clima. Esto se logró gracias al uso de la domótica cliente-servidor. El dispositivo cliente, fue habilitado en un teléfono celular con un perfil tipo MIDP 2.0 (Mobile Information device Profile) integrado a su plataforma física al que se le cargó una aplicación desarrollada en Java MicroEdition (J2ME) y un servidor web, que está equipado con un motor de reconocimiento de palabras y representado con una interfaz de integración hacia una red Konnex.

De igual manera, Jorge Suintaxi,⁶ de la escuela politécnica nacional de Quito, se centró en mitigar los problemas que afrontan las personas con discapacidades motrices o limitaciones en su desplazamiento debido a sus condiciones físicas. Para esto diseñó un prototipo domótico ajustable y accesible a este tipo de personas. Este prototipo permite controlar ciertos elementos mecánicos domésticos de forma inalámbrica e incorpora tres funciones; la primera es controlar el encendido y apagado de un bombillo, la segunda es activar una cerradura eléctrica y la última es abrir y cerrar una cortina mecánica, cada funcionalidad de forma independiente. Cada uno de estos módulos receptores son controlados y visualizados en pantalla de cristal líquido (LCD) que se compone de pulsadores para generar un valor lógico al ser presionados, para ser leído por el microcontrolador ATMEGA8; este microcontrolador se encarga de generar un comando de control que constituye la señal modulada del módulo transmisor.

⁵ Fabián, Julio Carlos, y Moumtadi, «Activación de funciones en edificios inteligentes utilizando comandos de voz desde dispositivos móviles». {En línea}. {abril 2014}. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(14\)72208-5](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(14)72208-5)

⁶ Llumiquinga y Aníbal, «Diseño y construcción de un prototipo de control domótica inalámbrico para discapacitados». {En línea}. {15 mayo 2015}. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6350>

J.C. Cabrera Hidalgo y otros,⁷ de la Universidad Politécnica Salesiana, se enfocan principalmente en el internet de las cosas (IoT). Con ello, crearon una red para controlar y monitorear dispositivos eléctricos y electrónicos asociados al campo de automatización y domótica. Para ello utilizan módulos electrónicos de bajo costo como Arduino, conectado a dispositivos móviles que tienen interfaces de comunicación mediante protocolo TCP/IP, conectándose a través de internet, aprovechando las herramientas que brindan estos dispositivos móviles. Adicionalmente crearon una aplicación soportada por Android que se conecta a las plataformas como Android Studio y App Inventor para administrar los comandos de voz y controlar los dispositivos mediante domótica. Esto, mediante el uso de servicios GSM y SMS con el protocolo RS 232 para así tener a todo momento una conexión fija entre los dispositivos.

Das Rishabh y otros,⁸ de la Universidad de Burdwan en la India, diseñaron e implementaron un sistema de control automatizado en electrodomésticos para ahorrar tiempo, energía y esfuerzo. El sistema propuesto se divide en tres módulos: detección, toma de decisiones e implementación. El sistema de detección proporciona al microcontrolador datos sobre el entorno externo. El segundo módulo toma su decisión basándose en estos datos. El módulo final implementa esta decisión a través de un relé. La lógica se implementó en Atmel ATmega 8 para lograr el objetivo propuesto. Los autores encontraron que los sensores instalados son bastante eficientes en un sistema ordinario de pequeña escala. Se pueden hacer modificaciones para aumentar la efectividad mediante el uso de sensores infrarrojo pasivo (PIR) o ultrasónicos.

Por su parte, Claudio González Domínguez de la Universidad de Sevilla,⁹ enfocó su trabajo hacia el uso de microcontroladores para su aplicación en la domótica. Gracias a eso, diseñó un sistema de vigilancia inalámbrico llamado "Security Pi", donde usó una tarjeta Raspberry Pi modelo B+ programada con Python. Su idea fue obtener un sistema autónomo capaz de detectar cualquier anomalía y avisar a su administrador de forma anticipada o a tiempo. Todo su sistema controlado mediante una interfaz web comprensible para cualquier usuario, para que esté al tanto de lo que esté pasando en una habitación o tener el control total de una cámara y más dispositivos domésticos. Adicional a este sistema se le integrará un servidor que soporte pre procesos de hipertexto (PHP) en su tarjeta Raspberry con una base de datos para temas de comprobación de identidad a la hora de ingresar a la aplicación.

⁷ Montesdeoca Contreras et al., «Mobile applications using TCP/IP-GSM protocols applied to domotic». {En línea}. {octubre 2015}. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7497085?arnumber=7497085>

⁸ Das et al., «Security Based Domotics». {En línea}. {1 de enero 2013}. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.441>

⁹ Domínguez, «Aplicaciones orientadas a la domótica con Raspberry Pi». {En línea}. {2015}. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90330/fichero/Memoria+TFG.pdf>

Santiago Drangosch y otros de la Universidad Católica de Chile, ¹⁰ realizaron un proyecto para intercomunicar y operar los sistemas domóticos con los protocolos y estándares mencionados a continuación. El objetivo fue crear una red inteligente de dispositivos electrónicos que, mediante programas de monitoreo y control, administren los dispositivos eléctricos de una casa o un edificio. Este sistema se conforma de 4 capas lógicas que se encargan de interactuar con el usuario hasta tener la información en una base de datos para crear una arquitectura de red. En cuando a los estándares y protocolos como el estándar X10 por su comunicación simple (ON-OFF y atenuadores de luces a través de la línea de alimentación), también el protocolo inalámbrico de bajo consumo ZigBee, el protocolo Long Works por su ambiente distribuido basado en chips y transceptores, y el sistema de control inalámbrico Spinn Off pensado en un sistema hogareño con comunicación en serial. Cada estándar presenta ciertas cualidades y ventajas únicas, y también desventajas muy propias y puntuales, sin embargo, hay muy poca incompatibilidad entre ellos. Por ello el objetivo es lograr que exista compatibilidad y tengan acceso a todos estos estándares, donde se mitigue las debilidades de cada uno y se potencien y aprovechen las fortalezas.

Finalmente, Roberto Hornero y otros, ¹¹ usaron la técnica de electroencefalografía, que es el estudio del funcionamiento del cerebro para controlar determinados dispositivos a partir de su actividad cerebral. Este sistema se nombra Brain-Computer Interface (BCI) o interfaz cerebro – ordenador. Este funcionamiento requiere del uso de la domótica, para controlar ciertos dispositivos básicos, como un teléfono, un televisor, DVD, luces, calefacción, ventilador, entre otros equipos muy comunes en un hogar o edificio. Esto dirigidos también usuarios del CRE (Discapacidad y dependencia). En concreto, se analizó si el haber realizado tareas de entrenamiento cognitivo con la primera aplicación favorece una mejora de las habilidades cognitivas y, por tanto, un mejor control de la aplicación domótica.

¹⁰ Dignani y Drangosch, «Interconectando sistemas de domótica». {En línea}. {mayo 2008}. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/20551>

¹¹ Hornero, Corralejo, y Álvarez, «Grupo de Ingeniería Biomédica (GIB). Universidad de Valladolid». {En línea}. {2012}. Disponible en: <http://envejecimiento.csic.es/documentos/documentos/lychnos08-hornero-braincomputer-01.pdf>

5 MARCO TEÓRICO

5.1 DOMÓTICA

La integración de la tecnología en los sistemas y equipos del hogar se le ha denominado como domótica y es fundamental definir una vivienda domótica: “aquella en la que existen agrupaciones automatizadas de equipos normalmente asociados por funciones, que disponen de la capacidad de comunicarse interactivamente entre ellas a través de un bus domestico multimedia que las integra”.

Teniendo como un fin cubriendo las necesidades de las personas en su lugar de vivienda facilitando el control integral, mejorar la seguridad, crear un confort único, mejorar las telecomunicaciones, ahorrar recursos naturales y servicios públicos, dinero y tiempo. En la Figura 1 se describe gráficamente la función de un hogar digital o la domótica.

Figura 1. Hogar digital



Fuente: Universo abierto, La conquista del Hogar digital: Hogar inteligente, negocio inteligente, consultado el 24 de abril de 2020. {En línea}. Disponible en <https://acortar.link/5dG3A>

El hogar digital es materializar ideas para que haya una convergencia de servicios. Se contraen varios factores importantes: la automatización y control de aplicaciones y dispositivos domésticos (iluminación, climatización, cortinas, puertas, ventanas, cerraduras, etc.), en la cual se tiene información del estado actual y consumo de

estos brindando la seguridad del hogar (alarmas personales o técnicas, sistema de CTV). Se incluye una serie multimedia y telecomunicaciones, véase en la Figura 2.

Figura 2. Sistemas y equipamiento para la vivienda domótica

AUDIO Y VIDEO	SEGURIDAD Y ALARMAS
<ul style="list-style-type: none"> • Cine en casa (Home Theatre o Home Cine) • Distribución de audio y video • Audio / video “Multi-Room” • “Streaming” de audio / vídeo 	<ul style="list-style-type: none"> • Alarmas de intrusión total o perimetral (detección de presencia, apertura de puertas y ventanas, etc.). • Alarmas personales (médica, piscina, antipánico, etc.). • Cámaras de vigilancia (zonas comunes, intrusión vivienda, actuación remota, etc.). • Control de accesos en zonas comunes y la vivienda.
VOZ Y DATOS	ALARMAS TECNICAS
<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a redes externas de comunicaciones (RDSI, ADL, etc.) • Redes WIFI • Telefonía sobre IP • Televisión digital 	<ul style="list-style-type: none"> • Alarmas de incendio, humo. • Detección de escapes de agua. • Detección de fugas de gas. • Fallo de suministro eléctrico. • Fallo de la línea telefónica.
AUTOMATIZACION Y CONTROL	
<ul style="list-style-type: none"> • Iluminación • Climatización • Persianas y toldos • Riego 	

Fuente: Stefan Junestrans, otros. Domótica y Hogar Digital, consultado el 24 de abril de 2020. {En línea}. Disponible en: <https://acortar.link/jWaRz>

Se puede destacar una definición de lo que es el hogar partiendo desde factores como personas que la habitan, los bienes que se encuentran en ella que son esenciales y que la caracterizan en donde ha sido ya sea para descansar, la familia, privacidad, o en su efecto la intimidad; al pasar de los años ha tenido una gama más amplia de funciones todo debido a la evolución del ser humano y sus desarrollos tecnológicos de su momento. Desde sus inicios solamente era un refugio para dormir y hoy en día se cuenta con servicios de agua, luz, gas, entretenimiento y demás factores que influyen para que tenga confort no solo para el ocio sino las labores diarias y que la evolución de la tecnología se ha intentado abarcar en el hogar con la llamada domótica la idea de una casa inteligente y automatizada.¹²

¹² Gutiérrez Robledo, Luis Miguel, María del Carmen García-Peña, y Javier Jiménez Bolón. Envejecimiento y dependencia: realidades y previsión para los próximos años: documento de postura, 2014. {En línea}. {2013-2014}. Disponible en: <https://acortar.link/6QWFK>

5.2 DISPOSITIVOS Y SENSORES

La domótica está basada en sensores, controlador, actuadores e interfaz del usuario; los sensores son dispositivos capaces de detectar magnitudes físicas como la temperatura, humedad, distancia, etc. Enviando así información al controlador. Como se observa en la imagen anterior los actuadores quienes por medio una orden de control realiza una acción o un trabajo, mediante un motor, led, etc. El controlador como dispositivo que es capaz de analizar la información de las señales de los sensores y enviar órdenes a los actuadores; todo esto realizado gracias a la interfaz del usuario quien dice al controlador que hacer, ya sea desde una aplicación móvil, ordenador, mando a distancia, etc.

En la Figura 3 se representa un esquema o diagrama de funcionamiento de cada dispositivo o sensor controlado y administrado por un controlador principal.

Figura 3. Diagrama de Funcionamiento general de la domótica



Fuente: Universidad de la Laguna, Desarrollo de un sistema controlador para red domótica inalámbrica basada en protocolo ZigBee, consultado el 24 de abril de 2020. {En línea}. Disponible en: <https://acortar.link/UiyOC>

5.3 TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

Al implementar las tecnologías inalámbricas se brinda un sistema de distribución eléctrica modernizado permitiendo un uso eficiente de la energía. Estas tecnologías de comunicación se han desarrollado para transferir datos entre dos o más puntos sin necesidad de una infraestructura física, teniendo un bajo costo de

implementación, su despliegue es rápido. Al aparecer las redes domésticas se implementa las tecnologías y protocolos ya existentes.¹³

En la Figura 4 se indican las principales tecnologías que generalmente están operando de manera comercial, para conformar una red doméstica acorde a las necesidades del usuario.

Figura 4. Tecnologías de redes domésticas



Fuente: Monografías, Accesibilidad en la Domótica, consultado el 24 de abril de 2020. {En línea}. Disponible en: <https://acortar.link/0ITCr>

Se puede incluir tecnologías desarrolladas para permitir la comunicación de 2 o más dispositivos sin una red local entre ellos, haciendo que sea directa y sencilla, en la tabla 1. se describe algunas características de las tecnologías actualmente aplicadas en la cual se han tomado datos de las velocidades alcanzadas, el máximo alcance y el medio utilizado para una buena comunicación como lo son USB, Bluetooth, entre otros.

Tabla 1. Tabla de tecnologías inalámbricas usadas en la domótica.

TECNOLOGIA	MEDIOS DE TRANSMISIÓN	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	DISTANCIA MÁXIMA AL DISPOSITIVO
IEEE 1394 FireWire	Par trenzado- Fibra óptica	400 Mbps (v.a) 3,2 Gbps (v.b)	4,5 metros - 70 metros
USB	Cable USB	12 Mbps (v. 1.1) 480 Mbps (v.2)	5 metros
Bluetooth	Inalámbrico	1 Mbps (v.1) 10Mbps (v.2)	10 metros (v.1) 100 metros
IRDA	Inalámbrico	9600 bps a 4Mbps	2 metros

Fuente: Google Books, Stefan Junestrand y otros, Domótica y hogar digital, consultado el 24 de abril de 2020. {En línea}. Disponible en: <https://acortar.link/gkNGj>

¹³ «Vista de Tecnologías de comunicación para redes de potencia inteligentes de media y alta tensión |Revista Prisma Tecnológico». {En línea}. {26 de abril 2020}. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/520/html>.

5.3.1 IRDA

En la Figura 5 se representa un modelo tecnológico como un estándar físico que transmite y recibe datos mediante los rayos infrarrojos, es muy extendida, es fácil de implementar y de usar, la desventaja es que requiere un punto de acceso por distancia permitiendo la comunicación de forma bidireccional entre el dispositivo emisor y receptor, las velocidades de comunicación son muy bajas.¹⁴

Figura 5. Tecnología Infrarrojo



Fuente: Telecomunicaciones TICS, Publicado por. «Instituto tecnológico de aguas calientes». Consultado el 27 de octubre de 2020. {En línea}. Disponible en: <https://acortar.link/zZytB>

5.3.2 Radio frecuencia

Se entiende radio frecuencia al conjunto de frecuencias situado entre los 3Hz y los 300GHz, correspondiente a la parte menos energética del espectro electromagnético.¹⁵ Esta tecnología de comunicación trabaja bajo los métodos de transmisión de forma:

Simplex: Este modo de transmisión permite que la información se transmita en un solo sentido y de forma permanente, con esta forma es difícil la corrección de errores causados por deficiencias de línea. Como ejemplos de la vida diaria, la televisión y la radio.

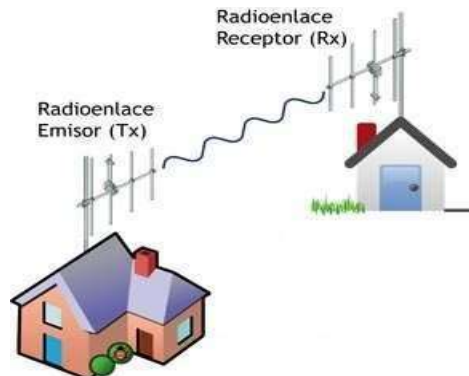
¹⁴ «Infrarrojo (IRDA)». {En línea}. {26 de abril 2020}. Disponible en: <https://todo-redes.com/conexiones-inalambricas/infrarrojo-irda/>.

¹⁵ «Transmisión de datos por RF». {En línea}. {27 de octubre 2020}. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/701/A7.pdf?sequence=7>

Dúplex: En este modo, la transmisión fluye como en el anterior, o sea, en un único sentido de la transmisión de dato, pero no de una manera permanente, pues el sentido puede cambiar. Como ejemplo los Walkis Talkis. ¹⁶

En la Figura 6 se representa una comunicación por radio frecuencia simple o punto a punto, para la implementación.

Figura 6. Comunicación por RF



Fuente: DocPlayer - Universidad Politécnica Salesiana, Publicado por. «Omar Boris, Daniel Soria». Consultado el 27 de octubre de 2020. {En línea}. Disponible en: <https://acortar.link/CivnR>

5.3.3 Red LAN inalámbrica

Este tipo de red LAN inalámbrica proporciona la comunicación punto a punto si se desea y punto a multipunto de alta velocidad adoptándose bajo el estándar de wifi (IEEE 802.11), permitiendo que varios usuarios ocupen la misma banda de frecuencias con poca interferencia entre ellos. El WIFI permite muchas aplicaciones para automatización, protección y control; así mismo se tienen limitaciones como mala disponibilidad de la señal, se afecta por la radiación electromagnética, interferencias por frecuencias de radio afectando el funcionamiento de los equipos (véase Figura 7).¹⁷

¹⁶ Loscri, Valeria, Arash Maskooki, Nathalie Mitton, y Anna Maria Vegni. «Chapter 5 - Wireless Cognitive Network Technologies and Protocols». En Modeling and Simulation of Computer Networks and Systems, editado por Mohammad S. Obaidat, Petros Nicopolitidis, y Faouzi Zarai, 119-53. Boston: Morgan Kaufmann, {En línea}. {2015}. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800887-4.00005-5>.

¹⁷ «Tecnología de la información y la comunicación - Redes - Monografias.com». {En línea}. {26 de abril 2020}. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos107/tecnologia-informacion-y-comunicacion-redes/tecnologia-informacion-y-comunicacion-redes.shtml>.

Figura 7. Red Inalámbrica de Área Local



Fuente: Internet paso a paso, Red WLAN, consultado el 24 de abril de 2020. {En línea}. Disponible en: <https://acortar.link/BCKmq>

5.3.4 Red WIMAX

La red WiMAX proporciona un ancho de banda de 5 MHz y velocidades de hasta 70Mbps a unos 4 km, trabaja en las bandas de 3.5 y 5.8 GHz, los cuales brindan mayor potencia y distancia al momento de transmitir. Permite a un operador priorizar el tráfico de datos, sus aplicaciones pueden ser redes de lectura automática, detección de las interrupciones y restauración; con algunos de sus limitantes como el costo de sus torres, y sus altas frecuencias que no permiten atravesar obstáculos (véase Figura 8).¹⁸

Figura 8. Red WIMAX



Fuente: Área tecnología, Título de la página. Consultado el 24 de abril de 2020. {En línea}. Disponible en: <https://www.areatecnologia.com/informatica/wimax.jpg>

¹⁸ «WiMAX». En *Wikipedia, la enciclopedia libre*, 10 de marzo de 2020. {En línea}. {26 de abril 2020}. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=WiMAX&oldid=124154317>.

5.4 REDES DE ACCESO

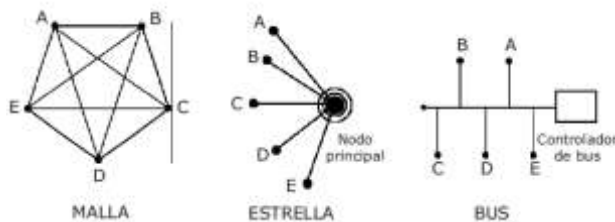
Desde el punto de vista funcional son las que permiten la comunicación entre los diferentes dispositivos de la vivienda entre ellos y con el exterior de la casa se tienen redes:

- Red de datos la cual opera para el envío y recepción de mensajes entre los ordenadores y demás periféricos de los recursos informáticos.
- Red multimedia para el soporte de los reproductores de audio, video, consolas de videojuegos y plataformas para el ocio.
- Red de control para monitorear y controlar los sensores, actuadores y electrodomésticos de la vivienda.

El flujo de información es bidireccional al salir y entrar de la vivienda los cuales incorpora terminales físicos de acceso externo, medios de distribución internos, la adaptación de protocolos, gestión de la red interna, gestión de los servicios y el control del flujo de información para garantizar seguridad en la privacidad y un acceso seguro.¹⁹

5.5 TOPOLOGÍAS DE RED EN EL CAMPO DE LA DOMÓTICA

Figura 9. Topologías usadas en Domótica



Fuente: Monografías, Ismael Pintado, «Accesibilidad en la Domótica - Monografias.com», consultado el 24 de abril de 2020. {En línea}. Disponible en <https://acortar.link/CQK1n>

Es la configuración de los dispositivos y la interconexión entre ellos, se habla de una topología física que no es más que conexiones físicas, y una topología lógica que es la forma en que la red transfiere tramas de un nodo a otro. Se destacan tres topologías de red para el diseño físico de la estructura, como lo son malla, estrella y bus (véase Figura 9).²⁰

¹⁹ «Sistemas industriales distribuidos». {En línea}. {26 de abril 2020}. Disponible en: https://www.uv.es/rosado/courses/sid/Capitulo2_rev0.pdf.

²⁰ Monografias.com, Ismael Pintado. «Accesibilidad en la Domótica - Monografias.com». {En línea}. {26 de abril 2020}. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos105/accesibilidad-domotica/accesibilidad-domotica.shtml>.

5.6 ADULTO MAYOR

Las personas adultas mayores son socialmente activos, con responsabilidades respecto a sí mismas, con su entorno, en familia y en la sociedad. Estas personas llegan a la vejez de diferentes maneras, según sus experiencias vividas, eventos cruciales y momentos afrontados durante su vida que conlleva procesos de desarrollo y deterioro. Una persona adulta mayor, generalmente se caracteriza por tener 60 años en adelante.²¹

Figura 10. Adulto mayor



Fuente: @BajoPalabraGro., «México debe poner mayor atención a adultos mayores, dice experto», consultado el 24 de abril de 2020. {En línea}. Disponible en: <https://acortar.link/fLcZM>

5.6.1 Envejecimiento

Hasta hace unos años el envejecimiento no era una preocupación para el mundo, ya que principalmente se concentraban en disminuir los altos niveles de fecundidad, mortalidad infantil, materna, pero una vez alcanzado estos niveles se vio el envejecimiento de la población en la mayoría de los países en la que edad de adulto mayor se considera 65 años en adelante y una edad productiva entre los 15 a 64 años, creando una dependencia en niños y ancianos la cual en los adultos mayores es una carga económica en constante crecimiento, mientras que la de un niño se ve como una inversión a futuro; muchas de las veces el envejecimiento se percibe como una enfermedad y dependencia, las cuales se define como la situación de la persona que no puede valerse por sí misma, perdiendo así su autonomía (véase Figura 10).²²

²¹ Ministerio de Salud «Envejecimiento y Vejez». {En línea}. {15 de diciembre de 2020}. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/proteccionsocial/promocion-social/Paginas/envejecimiento-vejez.aspx>.

²² Gutiérrez Robledo, Luis Miguel, María del Carmen García-Peña, y Javier Jiménez Bolón. Envejecimiento y dependencia: realidades y previsión para los próximos años: documento de postura, 2014. {En línea}. {2013-2014}. Disponible en: <https://acortar.link/6QWFK>

5.6.2 Dependencia funcional

Al hablar de dependencia se relacionan 4 aspectos: social (si dentro de la sociedad en la que vive así lo piensa), funcional se refiere a lo físico (perdida de capacidades corporales o sensoriales), mental (deterioro de las capacidades mentales), psicológica (aceptar de buena manera la ayuda de los demás, debido a limitaciones que se tenga), y finalmente económica (depender de otra persona económicamente); generando un deterioro funcional al momento de realizar de manera autonomía las actividades habituales y necesarias del día a día, limitando su desempeño (véase Figura 11).

Figura 11. Dependencia del adulto mayor



Fuente: etheme.com «Hablemos de La Atención al Adulto Mayor, consultado el 24 de abril de 2020. {En línea}. Disponible en: <https://acortar.link/VLWbp>

5.6.3 El panorama del adulto mayor en Colombia

En esta noticia del año 2018 muestra principalmente que a nivel Colombia, se ha venido en los últimos 15 años aumentando la tasa de colombianos que están con edades por encima de los 60 años más rápido que a comparación de otros países.

²³

Recientemente se reveló que las personas mayores de 60 años bordean el 11 por ciento del total de la población, se calcula aun aumento 3,5 por ciento, a comparación del año 2005. Para el 2020 se estima unos 6,5 millones de personas en estas condiciones, evidentemente se refleja un aumento significativo en Colombia.

Según el autor, la consecuencia no puede ser otra que la dependencia, se relaciona con las disfunciones laborales marcadas por el rechazo que enfrenta esta población, incluso desde la cuarta década. Es claro, según el especialista, que después de los

²³ Tiempo, Casa Editorial El. «El desalentador panorama del adulto mayor en Colombia». Portafolio.co». {En línea}. {2 de noviembre 2020}. Disponible en: <https://www.portafolio.co/economia/panorama-del-adulto-mayor-en-colombia-2018-517356>

sesenta años, más de la mitad de los colombianos tienen que trabajar por necesidad, informalmente y en condiciones adversas de seguridad social. El actual plan de beneficios examina la atención de las enfermedades crónicas y la recuperación funcional de las condiciones que generan discapacidad, muchas de las cuales se desarrollan con el envejecimiento; por ejemplo, limitaciones físicas, visuales, auditivas y de salud mental.

5.6.4 Discapacidad

La discapacidad es un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y al entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás ²⁴.

Según el enfoque “biopsicosocial”, define la discapacidad, desde el punto de vista relacional, como el resultado de interacciones complejas entre las limitaciones funcionales (físicas, intelectuales o mentales) de la persona y del ambiente social y físico que representan las situaciones en las que vive esa persona, denotando los aspectos negativos de la interacción entre un individuo (con una condición de salud) y la de los factores contextuales individuales (factores ambientales y personales).

5.6.4.1 Clasificación de la discapacidad

Las personas con discapacidad incluyen a aquellas que tengan deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales a largo plazo que, al interactuar con diversas barreras, puedan impedir su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás.

²⁴ Min Salud. «ABECÉ DE LA DISCAPACIDAD». {En línea}. {2 de noviembre 2020}. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/abece-de-la-discapacidad.pdf>

6 METODOLOGÍA

Este Trabajo de Grado se realizó bajo un cronograma preestablecido desarrollado en la ejecución del anteproyecto, en la Figura 12 se representa el proceso de cada fase, una por una, de acuerdo a lo planeado, iniciando por una fase de recopilación de datos y finalizando con la implementación del sistema domótico para las pruebas de funcionamiento.

Figura 12. Diagrama de bloques del desarrollo del proyecto.



Fuente: elaboración Propia

A continuación, se listan las fases con sus respectivas actividades durante su transición.

6.1 FASE DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Fase en que se realiza el estudio a nivel poblacional de cuáles son las principales tareas o funciones que realizan los adultos mayores en el hogar y se definen cuáles de estas se pueden abordar.

- Se realizó una encuesta a nivel poblacional en el estrato 3 de al menos unos 30 adultos mayores sin importar su condición física y motriz, considerándolos en este proyecto de una edad de 62 años o más, en los que se le abordará una serie de preguntas acerca de sus dificultades motrices que le impidan realizar sus labores diarias en el hogar; también se aplicó una serie de

preguntas acerca de las condiciones de la vivienda y requerimientos básicos para realizar la instalación del proyecto en la vivienda.

- Se identificó las principales limitaciones motrices y generalizar las más importantes para abordarlas en el trabajo de grado.
- Se recopiló información sobre las tecnologías existentes en el mercado, tales como sensores y actuadores, junto con sus costos y características técnicas para el diseño y desarrollo del sistema domótico.

6.2 FASE DE DISEÑO

Se realizó el estudio de las tecnologías de comunicaciones usados, sensores y actuadores para dar desarrollo al proyecto de una manera eficiente.

- Seleccionar los componentes necesarios para montar el sistema domótico teniendo en cuenta criterios como el costo y practicidad.
- Diseñar las etapas de potencia, control y comunicación del sistema.
- Diseñar una interfaz de usuario de uso práctico para un adulto mayor.

6.3 FASE DE IMPLEMENTACIÓN

En la cual se realizó todo el montaje en físico en la vivienda, en la cual se evidenció su despliegue y adaptación al usuario.

- Alistamiento de herramienta y revisión de todas las áreas de la vivienda para realizar un respectivo listado de las herramientas necesarias para realizar las instalaciones y si en su defecto se harán cambios a nivel eléctrico o de obra civil.
- Se implementó en un hogar de estrato 3 en el cual se instaló un sistema remoto el cual estará disponible desde el móvil o mando remoto. Se implementó electroválvulas, sensores y actuadores adecuados para el desarrollo, lo cual se modificó el sistema primitivo actual de una vivienda común.
- Se revisó todas las conexiones de dispositivos, borneras, cableado y posibles fallas, mediante un Check List.
- Inicializar el sistema, puesta en marcha de todos y cada uno de los sensores y actuadores.

6.4 FASE DE PRUEBAS Y VALIDACIÓN

- Se validó el correcto funcionamiento y finalidad del proyecto.
- Se revisó que todos los módulos del sistema operen correctamente para en dado caso corregir alguna falla de operabilidad.

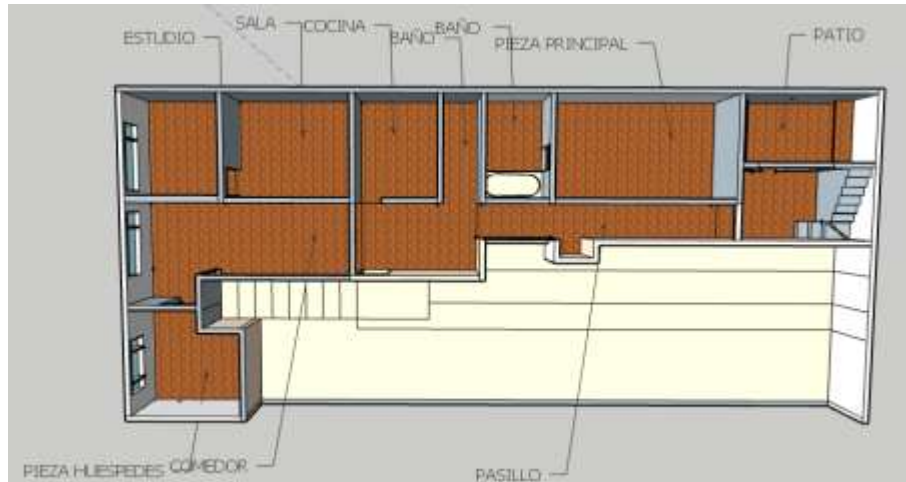
Se llevó a cabo la capacitación de funcionamiento y operabilidad de los mecanismos instalados en la vivienda y de la interfaz con el usuario.

7 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

7.1 RECOPIACIÓN DE DATOS DE LA VIVIENDA

En la Figura 13 se realiza un bosquejo de la vivienda identificando cada uno de los lugares que la conforman:

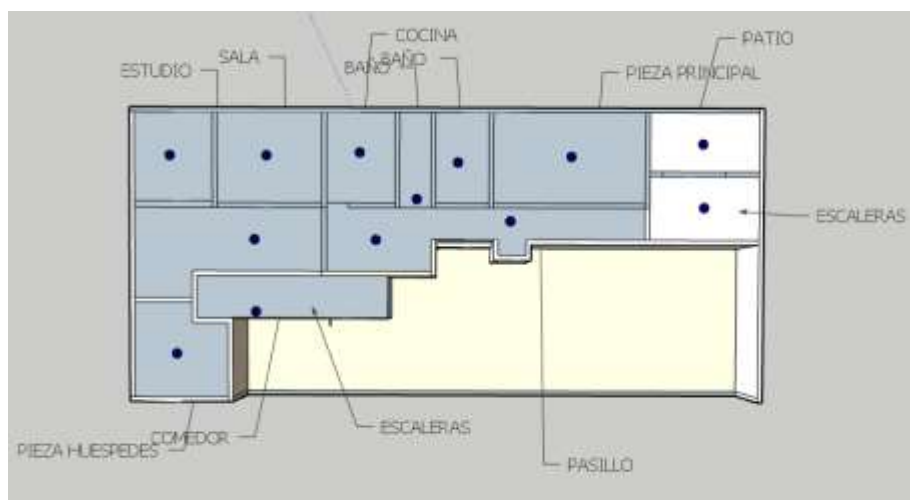
Figura 13. Dependencias de una vivienda tipo familiar a implementar el sistema



Fuente: elaboración Propia

Se realiza inspección de la ubicación de las bombillas. En la Figura 14 en total se indica la ubicación de 13 bombillas, las cuales cuentan con caja de paso referencia 2400, internamente ubicadas en su mayoría en el techo.

Figura 14. Ubicación de las bombillas en toda el área de la vivienda



Fuente: elaboración Propia

7.1.1 Tipos de iluminación que se encontraron en sitio.

A continuación, se relacionan algunos tipos de iluminación que están instalados comúnmente en las viviendas, en este caso se listan algunos en las siguientes ilustraciones.

En la Figura 15 hay una lámpara tipo led, entre 12W y 18W, seguido hay una roseta para bombillo regular a 120V. Continuando con la instalación de un Plafón de techo alimentación 120V, 2 a 3 bombillos y finalmente se muestran este tipo de lámparas de techo alimentación 120V, 2 bombillos.

Figura 15. Lámpara led, Roseta bombillo regular, plafón de techo 2 a 3 bombillos y lámparas de techo



Fuente: elaboración Propia

7.1.2 Tipos de conexión en las válvulas de agua

Se realiza inspección de la ubicación de las llaves de agua y/o registros en total se cubrirá 1 registro en la cocina, 2 llaves en el baño y el sanitario, el baño de la pieza principal se cubrirá 3 llaves y el sanitario, en el patio 2 llaves de agua, se realiza registro fotográfico de las diferentes opciones de conexión de agua a controlar en este caso es de medida de ½ pulgada. En la Figura 16 se representa la conexión de los sanitarios con tubería de media pulgada con manguera, total 2 sanitarios, 2 lava manos y un lavaplatos.

Figura 16. Conexión tubería de media pulgada con manguera del sanitario, lavamanos, lava platos, registro y llaves de paso de agua



Fuente: elaboración Propia

7.1.3 Conexión para gas

Se realiza la inspección de las llaves de gas en el cual solo se controlará un punto en la cocina como se observa a continuación:

Conexión de estufa de gas natural, la cual cuenta con tubería de cobre y conector acople de $\frac{1}{2}$ pulgada, conexión manguera con acople de $\frac{3}{4}$ como se observa en la Figura 17.

Figura 17. Conexión manguera de gas



Fuente: elaboración Propia

7.1.4 Tomas e interruptores eléctricos

Se realiza la inspección de la ubicación de las tomas e interruptores para los cuales se encuentran 3 tipos de combinaciones en sitio para lo cual se controlará la tensión, encendido o apagado de dispositivos de 120 voltios medida en cada una de las tomas. En la Figura 18 se relaciona diferentes tipos de Toma-interruptor, de las cuales se encontraron 2 en sitio, 12 tomas dobles con Caja de paso referencia 5800 y 11 interruptores sencillos.

Figura 18. Tomas e interruptores eléctricos



Fuente: elaboración Propia

8 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO

8.1 ESTADÍSTICAS DEL DANE EN LOS ÚLTIMOS 10 AÑOS SEGÚN PRINCIPAL ESTRUCTURA O FUNCIÓN CORPORAL AFECTADA.

Esta entidad nacional permite visualizar una recopilación de datos, con una muy buena aproximación de estadísticas oficiales de todo el país, pues en el ámbito de la discapacidad, se encontró específicamente que dificultades presentan las personas de cualquier edad. En las siguientes tablas, se representan estas dificultades físicas, a nivel nacional y en la ciudad de Bogotá, generalmente para personas mayores de 60 años.

Tabla 2. Estadística de personas mayores de 60 años en Colombia con alguna limitación física.



Fuente: Censo General DANE 2018 (Discapacidad)

Estos datos en la tabla 2, claramente se evidencia que hay un mayor número de personas que presentan limitaciones físicas. Es ahí donde interviene este tipo de proyectos, para que ayuden a mitigar estas dificultades motrices, de igual manera aportar en los demás problemas físicos presentados en la tabla.

Tabla 3. Estadística de personas mayores de 60 años en Bogotá D.C. con alguna limitación.



Fuente: Censo General DANE 2018 (Discapacidad)

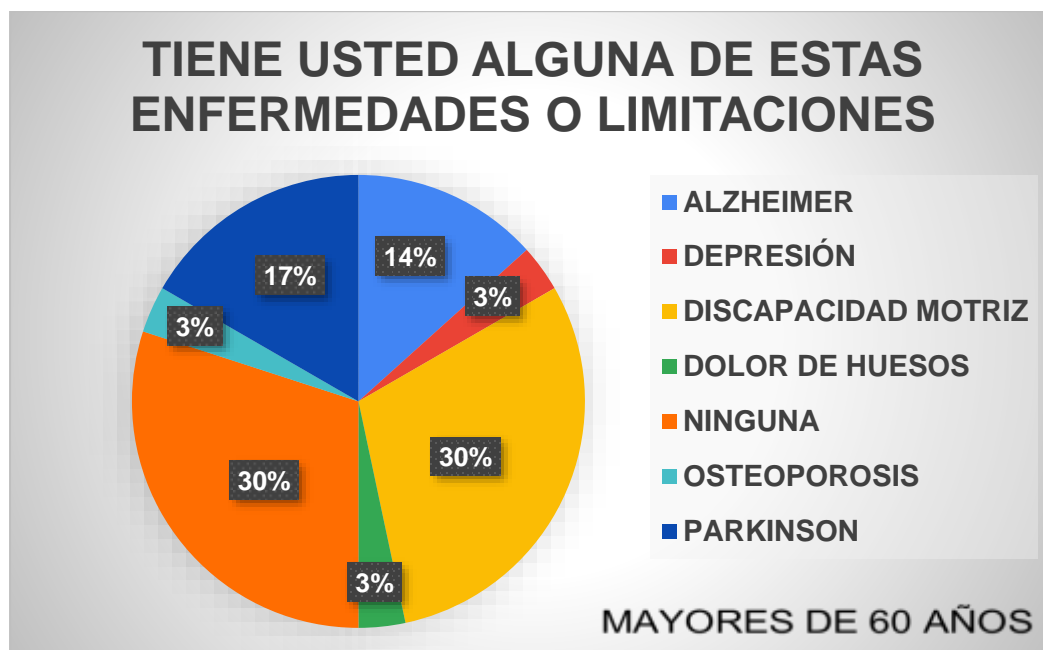
De acuerdo a la tabla 3, a nivel Bogotá, de igual manera se refleja un gran número de personas con dependencia funcional (movimiento del cuerpo, manos, brazo y demás extremidades), y ya con estos resultados estadísticos es viable la implementación de estos dispositivos domóticos que garantice una disminución y ojalá sea de forma significativa de dichos problemas descritos anteriormente.

8.2 ENCUESTA DE ADULTOS MAYORES EN BOGOTÁ

Con el fin de identificar las principales limitaciones de los adultos mayores en la ciudad de Bogotá, se optó por realizar la siguiente encuesta. Se tuvieron en cuenta varios aspectos como la edad, el estrato, ubicación geográfica, nivel de destreza con un celular inteligente, entre otros aspectos que a continuación se describen en las gráficas.

Esta encuesta se realizó con la herramienta de Formularios de Google y en total se encuestaron a 60 personas de diferentes edades de acuerdo con nuestro entorno. En el anexo C. se presenta la encuesta completa. En la encuesta se evidencia que 20 de cada 30 adultos mayores a 60 años presentan alguna dificultad o limitación física, a comparación de las demás dificultades como se observa en la Figura 19.

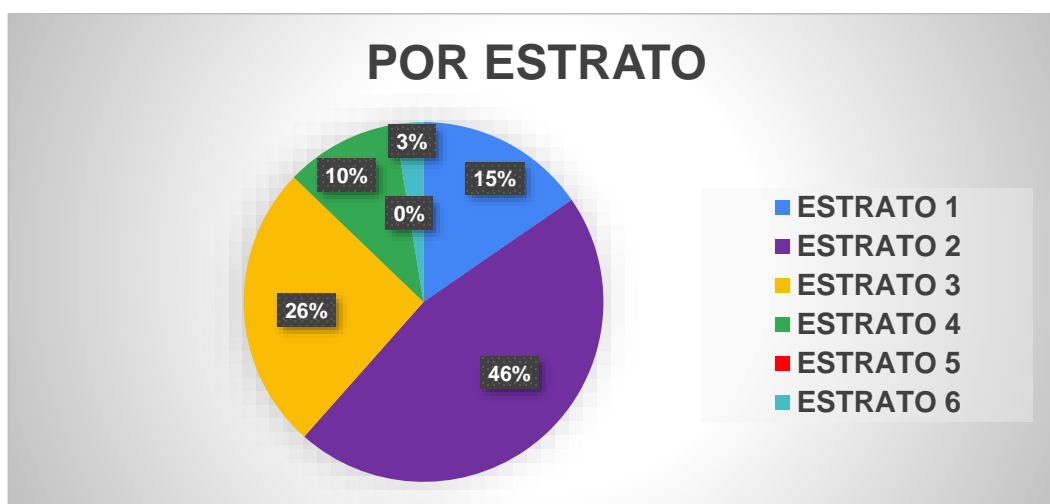
Figura 19. Limitaciones o enfermedades en los encuestados mayores de 60 años (30 personas)



Fuente: formularios de Google

También se identifica que las de personas encuestadas de 60 años o más, se encuentran en los estratos 1, 2 y 3. Es en estos estratos es donde se concentran y este tipo de problemas asociados a la edad, tal como se muestra en la Figura 20.

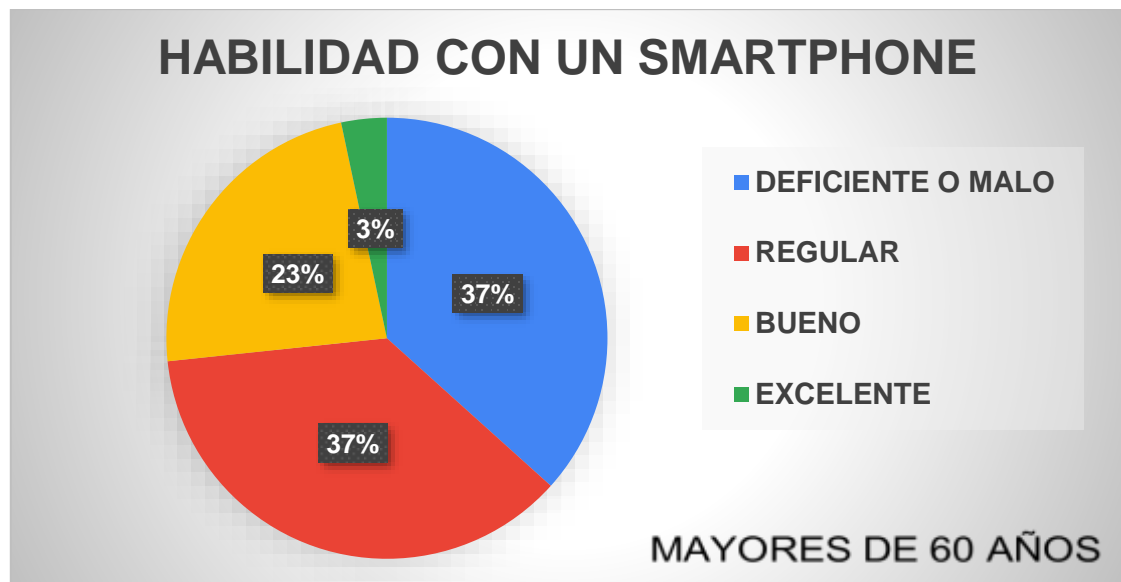
Figura 20. Estrato de los encuestados



Fuente: formularios de Google

Otro aspecto importante fue la destreza con la que pueden estas personas mayores de 60 años usar un smartphone, pues tienen un nivel o habilidad muy regular o básico. Este resultado hace que nuestro dispositivo a realizar, tiene que ser lo más práctico y básico posible, sin perder su funcionalidad (véase Figura 21).

Figura 21. Habilidad con un Smart Phone en mayores de 60 años en los encuestados (30 personas)

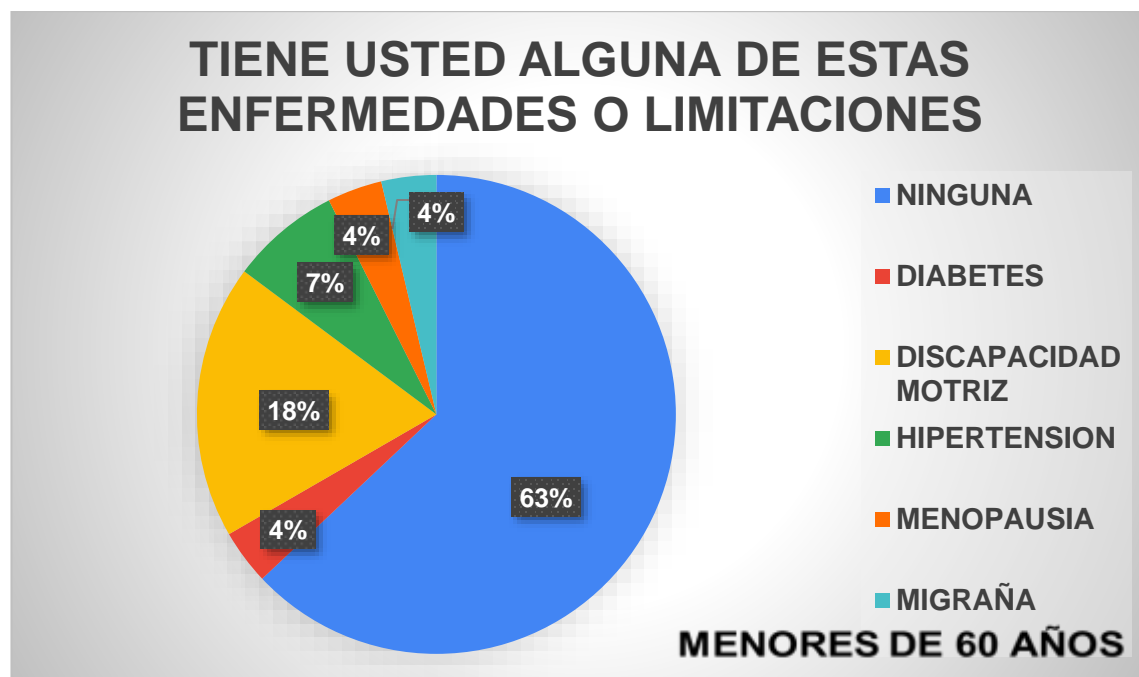


Fuente: formularios de Google

En cuanto a la ubicación geográfica, según en nuestro entorno, la ciudad que más fue participe es la de Bogotá. Se debe aclarar que inicialmente nuestro proyecto será implementado en esta ciudad, para posteriormente darlo a conocer en las demás regiones del país.

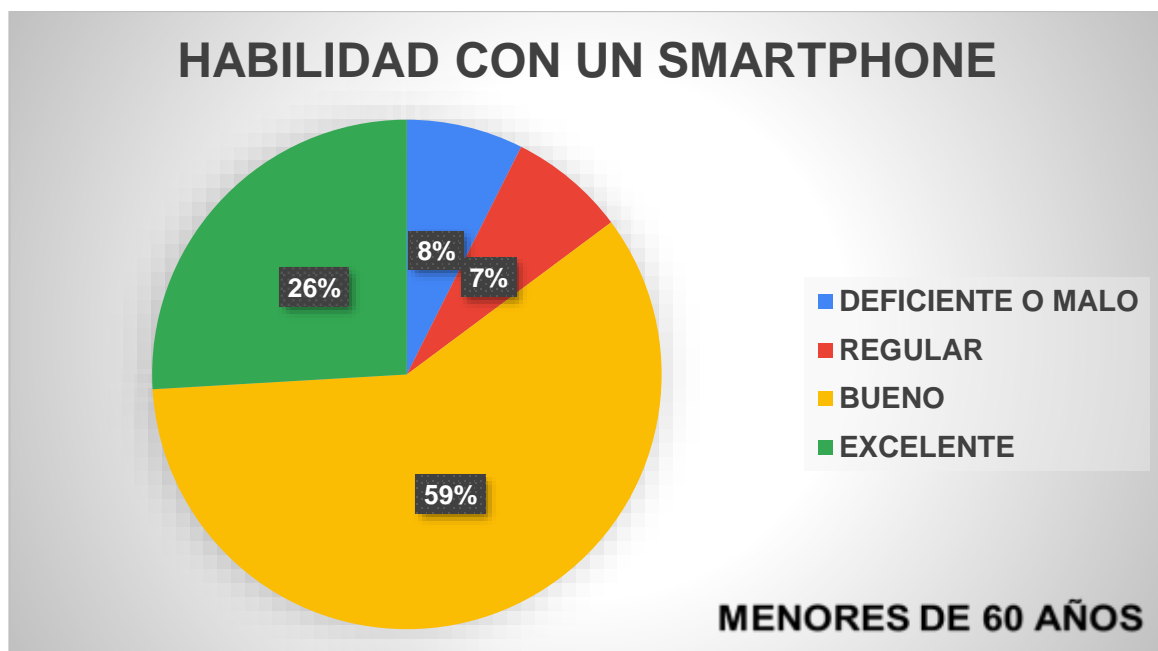
Por último, en la Figura 22 se representa a las personas menores de 60 años también fueron participes de esta encuesta, donde se logra evidenciar un aspecto más positivo o sin complicaciones físicas y en la Figura 23 se representa la destreza y habilidad con un smartphone.

Figura 22. Limitaciones o enfermedades en los encuestados menores de 60 años (30 personas)



Fuente: formularios de Google

Figura 23. Habilidad con un Smart Phone en menores de 60 años en los encuestados (30 personas)



Fuente: formularios de Google

9 DISEÑO

9.1 DISEÑO PRELIMINAR

En el diagrama de bloques representado en la Figura 24 se plantea su funcionamiento de forma general del sistema domótico, posteriormente se describirá con detalle cada sección donde se relaciona sus componentes y partes.

Figura 24. Descripción general del proceso



Fuente: elaboración propia

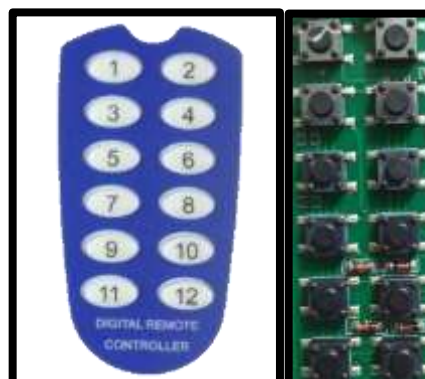
9.1.1 Interfaz del usuario

Se encarga de ejecutar la función o el mando, ya sea por voz o de forma manual, realizando la pulsación de botones en el control, dependiendo de lo que se quiera activar o desactivar. Este dispositivo incorpora componentes como (pulsadores, módulo de reconocimiento de voz, la unidad de control y módulo de transmisión).

9.1.1.1 Pulsadores

La cantidad de pulsadores integrados en la interfaz del usuario, se implementó dependiendo de la cantidad de comandos a ejecutar, también se debe tener en cuenta que cada pulsador debe estar conectado a un canal en el módulo receptor, por lo que se optó por usar 12 pulsadores como se evidencia en la Figura 25, permitiendo un fácil manejo y adaptable a la persona con dependencia funcional.

Figura 25. Pulsadores para 12 canales





Fuente: elaboración propia

9.1.1.2 Módulo de reconocimiento de voz

Teniendo en cuenta la habilidad deficiente de los adultos mayores para utilizar y manipular dispositivos móviles inteligentes, con los pulsadores se contempla adicionarle al diseño una interfaz mediante comandos de voz. El objetivo de esta función es facilitar a la persona con limitaciones físicas la ejecución de comandos básicos y fáciles de pronunciar.

En la tabla 4., se relacionan dos dispositivos que actualmente se pueden adquirir en el mercado. Estos dispositivos deben permitir un número de comandos superior. Sin embargo, los fabricantes aclaran que, para su óptimo funcionamiento, es necesario entrenarlo de tal manera que las instrucciones de voz configuradas sean fáciles, entendibles y fluidas.

Tabla 4. Tabla comparativa de módulos de reconocimiento de voz.

DISPOSITIVO	V3 ELECHOUSE	GEETECH
FOTO FISICA		
VOLTAJE DE ALIMENTACION	4.5 – 5.5	4.5 – 5.5V
CONSUMO	< 40mA	< 40mA
DIMENSIONES	30mm x 47.5mm	30 x 47.5 mm
INTERFAZ DIGITAL	TTL	SERIAL TTL
INSTRUCCIONES DE VOZ	80(1.5ms)	15
COMPATIBILIDAD	ARDUINO	ARDUINO
PRECIO	90.000 COP	78.015 COP

Fuente: elaboración propia

Para elegir los componentes a usar en el sistema domótico se tiene en cuenta el bajo costo, que sea funcional, fácil implementación e interactividad con el usuario, bajo consumo, gran alcance, entre otros. Actualmente en el mercado existe una gran variedad de módulos de reconocimiento de voz, que cuentan con características como sus dimensiones, peso y cantidad de comandos de voz.

Para lo cual se escoge el módulo de reconocimiento de voz Electrohouse V3, ya que cuenta con una capacidad de grabar hasta 80 comandos como máximo, es compatible con la plataforma Arduino, cuenta con librerías para entrenar y grabar con este dispositivo, es compacto a una tarjeta integrada, teniendo un bajo consumo inferior a los 40 mA.

En la Tabla 5, se relacionará un listado de comandos, de acuerdo a la necesidad del adulto mayor con alguna limitación física.

Tabla 5. Listado de comandos de voz configurados al módulo de reconocimiento de voz.

COMANDO	ACCIÓN	COMANDO	ACCIÓN CONTRARIA
COCINA	Enciende la iluminación de la cocina	COCINA	Apaga la iluminación de la cocina
NEVERA	Controla el encendido de la toma de la nevera	NEVERA	Controla el apagado de la toma de la nevera
ESTUFA	Controla el encendido de la toma de la estufa	ESTUFA	Controla el apagado de la toma de la estufa
VENTILAR	Controla el encendido del ventilador que extrae los humos excesivos de la estufa	VENTILAR	Controla el apagado del ventilador que extrae los humos excesivos de la estufa
LAVAPLATOS	Controla el encendido de la electroválvula de la alimentación de la llave de agua del lavaplatos	LAVAPLATOS	Controla el apagado de la electroválvula de la alimentación de la llave de agua del lavaplatos
ALARMA	Enciende un pito o buzzer para indicar una señal de alerta	ALARMA	Apaga un pito o buzzer para indicar una señal de alerta
PUERTA	Controla la apertura de la puerta principal de la vivienda	PUERTA	Controla el cierre de la puerta principal de la vivienda

Fuente: elaboración propia

9.1.1.3 Dispositivo transmisor – receptor

En estos dispositivos se tuvo en cuenta principalmente de cuanto alcance es capaz de transmitir y recibir la información, por lo que es indispensable lograr el mayor alcance posible en la vivienda. Como segundo aspecto, al usar una placa Arduino, se validó la compatibilidad con el transmisor, pues fue necesario ajustar la conexión y comunicación con el micro controlador del transmisor.

Tabla 6. Cuadro comparativo del módulo transmisor – receptor.

DISPOSITIVO	RF 433MHZ	XBEE 802.15.4	RF RELE 12 CANALES 315 MHz
FOTO FISICA			
VOLTAJE DE ALIMENTACION TRANSMISOR	3V-12V	5V DC	12VDC
ALCANCE INTERIORES	90 mts.	30 mts.	90 mts
ALCANCE EXTERIORES	90 mts.	100 mts.	100 mts.
POTENCIA DE TRANSMISION	25mW (315MHz at 12V).	0dbm	25mW
VOLTAJE DE ALIMENTACION RECEPTOR	5.0VDC +0.5V	5V	12 VDC
CONSUMO	max≤40mA (12V), min≤9mA (3V)	MENOR A 40 mA	<28mA
COMPATIBILIDAD	ARDUINO, RASPBERRI	ARDUINO, RASPBERRI	SEGÚN CONFIGURACION
FRECUENCIA TRANSMISOR-RECEPTOR	315MHz-433.92MHz	2.4 GHZ	315 MHz-433 MHz
VELOCIDAD	≤10Kbps.	120 kbps	≤10Kbps.
TOPOLOGIA	ESTRELLA	ESTRELLA, MALLA, ARBOL	ESTRELLA
PRECIO	4.500 COP	55.000 COP	75.000 COP

Fuente: elaboración propia




Con las condiciones descritas en la tabla 6, se escogió el módulo RF que trabaja la frecuencia de 315MHz con comunicación a máximo 12 receptores, que, a pesar de sus limitaciones, se ajustan a ciertas características que se requieren para la comunicación, como el alcance, modo de operatividad, compatibilidad y precio.

9.1.1.4 Tarjetas de control

En cuando al control central del sistema, el objetivo es abarcar y establecer una comunicación entre todos los dispositivos que integran la red del sistema. Teniendo en cuenta que el sistema no requiere alto procesamiento, ni conexiones especiales para su funcionamiento, se optó por la tarjeta Arduino, que además de cumplir con las características técnicas necesarios, resulta menos costoso que tarjetas como la Rasberry Pi.

En cuanto a sus características técnicas, Arduino cumple con los puertos de entrada y salida requeridos, la cantidad de pines digitales y PWM necesarios para soportar las conexiones a los demás dispositivos, acorde a su arquitectura demostrados en la tabla 7.

Tabla 7. Cuadro comparativo de las tarjetas de control.


DISPOSITIVO	RASPBERRI PI 4	ARDUINO MEGA 2560	MICROCONTROLADOR AT MEGA 328 P
FOTO FISICA			
MEMORIA	RAM 4 GB	FLASH 256KB	32KB
FRECUENCIAS	2.4 Y 5 GHZ IEEE 802.11AC INHALAMBRICO	NO CUENTA CON MODULO WIFI(ADICIONAL)	OSCILADOR EXTERNO 16-20 MHz
VERSION BLUETOOTH	5.0	NO VA INCLUIDO	NO
PUERTO ETHERNET	GIGABIT ETHERNET	NO	NO
PUERTOS	USB 3.0, 2 PUERTOS USB 2.0, 2 PUERTOS MICRO HDMI	USB	NO
NUMERO DE PINES DISPONIBLES	40	54 DIGITALES(I/O), 15 PWM	23 IN/OUT (6 ADC-8 PWM)
ALIMENTACION	5VDC	5VDC	5VDC
CONSUMO	3A	<1 A	<1 A
PRECIO	312.000 COP	43.000 COP	9.600 COP

Fuente: elaboración propia

- Placas Arduino

En la tabla 8. se detallan solamente las placas Arduino UNO, según las diferentes pruebas de programación de librerías previas, es por ello que se realizó la implementación con la versión Arduino UNO. Esto debido a que la programación cargada la ejecuta correctamente, y no es necesario ejecutar altos procesos para requerir la versión Mega 2560.

Tabla 8. Tabla comparativa de las placas Arduino.

DISPOSITIVO	UNO	MEGA 2560	MICRO
FOTO FISICA			
PROCESADOR	ATMEGA 328P	ATMEGA 328P	ATMEGA 328P
VELOCIDAD DE RELOJ	16MHZ	16MHZ	16MHZ
MEMORIA FLASH	32kb	256kb	32kb
PINES DIGITALES I/O	14	54	20
PINES CON PWM DIGITAL I/O	6	15	7
PINES ANALOGOS	6	16	12
VOLTAJE DE ALIMENTACION	5V	5V	5V
PRECIO	20.000 COP	40.000 COP	23.000 COP

Fuente: elaboración propia

Como todo sistema controlado o monitoreado, requiere de una unidad de control o consola central observado en la Figura 26, controlando y monitoreado los sensores, ya sea análogo o digital; esta unidad no solo se encarga de recibir información de los sensores, sino también realiza el control de la parte de potencia de los actuadores, en este caso es el micro controlador ATMEGA328P el cual ofrece bajo consumo y buena capacidad de procesamiento.

Figura 26. Unidad control



Fuente: elaboración propia

9.1.2 Actuadores

9.1.2.1 Relés

Se usaron una cantidad de 12 relés con su circuito de conexión integrado, que se ubicarán en la etapa de recepción, cada uno, junto a los sensores, actuadores o electroválvulas. Un segundo módulo de relés ubicado en el transmisor sobre la interfaz de usuario, se utilizaron para establecer la activación por voz de cada comando que se le asignó, en este caso soportó 12 funciones e instrucciones, la cual desde el micro controlador emite una salida digital de 1 o 0 para abrir cerrar el circuito del relé y accionar la orden del control de radiofrecuencia. Este módulo requiere una alimentación de 5 voltios, la cual el micro controlador es el encargado de accionarlo o no.

Teniendo en cuenta las condiciones anteriores, se optó por usar la cantidad de 12 canales para la etapa de transmisión ubicada en la interfaz del usuario, y para la etapa de recepción se implementó relé de 1 canal adaptado para cada actuador, en la tabla 9. se detalla sus características dependiendo de la cantidad de canales.

Tabla 9. Tabla comparativa de modelos Relés.

DISPOSITIVO	1 CANAL	2 CANALES	4 CANALES	8 CANALES	RELE WIFI-COMPATIBLE CON ESP-01S WIFI (400m alcance)
FOTO FISICA					
TENSIÓN BOBINA	5V TTL	5V TTL	5V TTL	5V TTL	5V DC
TENSIONES AC	250 V	250 V	250 V	250 V	250 V
CORRIENTE AC	10 (A)	10 (A)	10 (A)	10/15 (A)	10 (A)
TENSIONES DC	30V	30V	30V	30V	30V
CORRIENTE DC	10 (A)	10 (A)	10 (A)	10 (A)	10 (A)
CONSUMO POR BOBINA	40mA	40mA	40mA	15 a 20mA	250mA
ACTIVACIÓN	POR PULSO BAJO	POR PULSO BAJO	POR PULSO BAJO	ALTO/BAJO	ALTO/BAJO
PRECIO	5.500 COP	8.000 COP	18.000 COP	23.700 COP	19.000 COP

Fuente: elaboración propia

Si se requieren más relés, o bien es posible optar por una cantidad exacta requerida en conjunto con los vistos en la tabla anterior, o de lo contrario optar por el siguiente conjunto de relés de 16 canales, como se demuestra en la Figura 27.

Figura 27. Modulo relés de 16 canales con circuito integrado





Fuente: elaboración propia

9.1.2.2 Electro válvula para agua

De acuerdo a las características de los siguientes dos dispositivos observados en la tabla 10., deben cumplir con una medida de ½ pulgada y que garantice una alta presión ejercida al paso del líquido. Este dispositivo, se implementará en el recorrido final de la tubería, con contacto directo con el usuario.

Tabla 10. Cuadro comparativo de electroválvulas para agua.

DISPOSITIVO	SOLENOIDE	ELECTROVALVULA DE 1 PULG
FOTO FISICA		
VOLTAJE DE ALIMENTACION	12V DC	24VAC/50HZ
TIPO DE LIQUIDO	AGUA- LIQUIDOS DE BAJA VISCOSIDAD	AGUA
PRESION DE TRABAJO	ALTA PRESION	0.5-10 BAR
MEDIDA	1/2 PULG	1 PULG
PRECIO	29.659 COP	61.900 COP



Fuente: elaboración propia

Las electroválvulas son dispositivos electromecánicos que pueden controlar en este caso el paso de agua por una tubería, de la tabla 10. se escoge el solenoide para tubería de ½ pulgada que requiere de 12 voltios de alimentación, el cual maneja líquidos de baja viscosidad y soporta 0.8 MPa = 8 bar siendo la presión máxima de los hogares en los puntos de consumo de 500 kPa=5 bar la cual es una buena elección, para su conexión solo es necesario un par de acoples para adaptarlo ya sea a los baños, cocinas, entre otros.

9.1.2.3 Electro válvula para gas

Para este tipo de válvulas se pensó precisamente para uso doméstico, porque en la medida del paso del gas para este tipo de lugares generalmente es de ½, adicionalmente permite el paso de gas natural, licuado de petróleo u otro tipo de gases. Esto, se complementa con otras características más que favorecen a este dispositivo, como un mejor consumo y trabaja el voltaje de alimentación en el rango que las demás válvulas lo harán. En la tabla 11. de detallan dos alternativas que actualmente se ofrecen en el mercado local.

Tabla 11. Cuadro comparativo de electroválvulas para gas.

DISPOSITIVO	1. 1/2 PARA GAS DOMESTICO	2. 4110 GAS DOMESTICO
FOTO FÍSICA		
VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN	9-12VDC	24V
TIPO DE GAS	NATURAL, LICUADO DE PETROLEO, OTROS GASES NO CORROSIVOS	GAS COMBUSTIBLE (SECOS Y NO AGRESIVOS)
CONSUMO	1.5A(PULSO)	1 A-1 BAR DE PRESION
MEDIDA	1/2PULG	1/2PULG
PRECIO	92.800 COP	POR CONFIRMAR

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a las características en la tabla 11., se escoge la electroválvula No 1., ya que tiene como voltaje de alimentación o de accionamiento 9 a 12 VDC, su consumo es de 1 amperio en el momento del accionamiento, la medida de conexión es de ½ pulgada lo cual se puede conectar sin novedad con sus debidos acoples siendo tubería de gas o galvanizado, esta electroválvula también aplica para gas licuado de petróleo y otros gases no corrosivos.

9.1.2.4 Etapa receptora

Para este Trabajo de Grado es necesario el uso de 2 módulos de radios frecuencia con 12 canales ya sea a 315 MHz o 433 MHz como se tiene comúnmente en el mercado, el primero del cual se escogió fue el módulo de control remoto, el cual brinda 12 canales que se puede operar mediante un control, su alimentación es de 12 voltios con un bajo consumo de corriente continua.

Este módulo cuenta con opción de enclavamiento, relés que operan a 12 voltios, confirmación de orden mediante un led por cada relé y pito auditivo. Opera en la frecuencia de 315 MHz. En la Figura 28 se representa el dispositivo a implementar.

Figura 28. Modulo RF 12 Canales – parte receptora







Fuente: elaboración propia

9.1.3 Sensores

9.1.3.1 Sensor de movimiento

Estos sensores se implementaron en las dependencias principales de la vivienda, como en las escaleras, los corredores, azotea-patio y garaje. Se validaron sus características por su rango de detección y alcance principalmente. Sin embargo, a pesar de que este dispositivo se activa de forma automática, se incorporó en el mando por voz y de forma manual por control remoto, para apagarlo o encenderlo en los tiempos que el usuario requiera.

Tabla 12. Tabla comparativa de los sensores de movimiento.

DISPOSITIVO	PIR Hc-sr501 Sensor Infrarrojo Arduino	MODULO PIR	NSOR DE MOVIMIENTO INFRAROJO TECHO 360	SENSOR DE MOVIMIENTO INFRAROJO DE PARED 3 LINEAS
FOTO FISICA				
TIEMPOS RETARDOS	2.5	2.3 -3	1ms	0.6-1.5 ms
ALCANCE	2-7 metros	7 metros	7 metros	9 metros
VOLTAJE DE ALIMENTACION	3.3-5V	3.3-5V	120 VAC- 220 VAC	120 VAC- 220 VAC
RANGO DE DETECCION	120° de cono	100°	360°	180°
DIMENSIONES	3.2cm x 2.4cm x 1.8cm	30X20mm	10 cm DIAMETRO	10 cm x 6 cm
TIPO DE TECNOLOGIA	SENSOR INFRAROJO	SENSOR INFRAROJO	SENSOR INFRAROJO	SENSOR INFRAROJO
VOLTJE DE SALIDA	3.3 ALTO 0V BAJO	3 ALTO 0V BAJO	120 VAC- 220 VAC	120-220 VAC
PRECIO	7.100 COP	31.800 COP	17.900 COP	17.800 COP

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla 12., en el mercado actualmente existe variedad de precios, diseños y aplicaciones de estos sensores de movimiento, por lo cual, se escogió módulo PIR Hc-sr501, ya que requiere una alimentación de 3.3 voltios la cual brinda desde la fuente principal del micro controlador o una fuente externa, por su tamaño es fácil adaptarlo a otra estructura física (ejemplo techo) dentro del hogar. Tiene un alcance de 2 a 7 metros, su tiempo de retardo es de 2.5 segundos y su rango de detección es de 120° de tipo cono. Se usará en varias partes del hogar para tener información de donde se encuentra la persona y activar o desactivar las luminarias o tomas innecesarias que por error se dejen conectadas o activas (ejemplo dejar encendido una bombilla). En la Figura 29 se demuestra este dispositivo con sus componentes integrados.

Figura 29. Sensor de movimiento






Fuente: elaboración propia

9.1.3.2 Sensor de humo

A nivel doméstico se requirió un sensor de humo o gas, que cumpliera con una característica básica, como el grado de detección. Esta característica determina el tipo de gas o humo a detectar. En la tabla 13., se indica todas las características de sensores más conocidos comercialmente.

Tabla 13. Tabla comparativa de sensores de humo.

DISPOSITIVO	SENSOR DETECTOR DE HUMO	DETECTOR ALARMA MONOXIDO DE CARBONO GAS	SENSOR DETECTOR DE GAS NATURAL GLP
FOTO FISICA			
CONSUMO DE ENERGIA	8uA estatico- 10mA trabajo	80uA espera- 80mA trabajo	150 Ma
VOLTAJE DE ALIMENTACION	BATERIA 9V	BATERIA 3.3-5V	FUENTE 5VDC
GRADO	IP 20	monóxido de carbono gas	gas licuado, gas natural, gas de ciudad
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	menos 20° a 40°	menos 20° a 50°	menos 20° a 55°C
AUDIBILIDAD	85 dB (1 metro)	85 dB	no
PRECIO (COP)	27.000 COP	61.000 COP	9.000 COP

Fuente: elaboración propia

Para el trabajo de grado se debe tener en cuenta que en la vivienda se tiene ya sea una estufa a gas natural en la mayoría de estas o calentador a gas, se debe

monitorear que no haya fugas o que en dado caso se deja la estufa encendida y se empiece a concentrar el gas, lo cual puede afectar a la vida de la persona. Para lo cual se escoge el detector de gas natural GLP, que trabaja a una temperatura de menos 20 grados hasta 55 grados, es de los más bajos en costos, requiere de una fuente DC y la salida de su señal es análoga (el rango de PPM varía según la ubicación y dimensiones del lugar), dichas características se detallan en la Figura 30.

Figura 30. Sensor de humo – gas



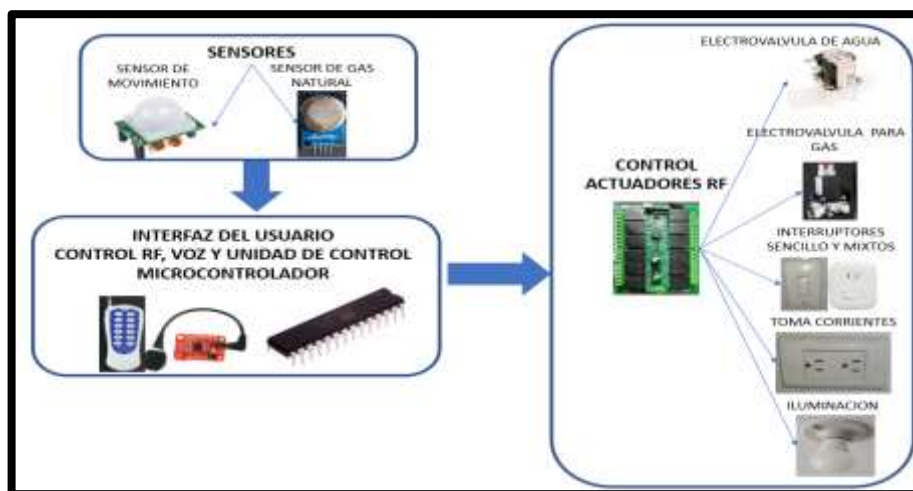
Fuente: elaboración propia

9.2 DISEÑO FINAL

A partir de la recopilación de información anterior, se optó por la arquitectura de domótica mostrada en la Figura 31. Esta arquitectura está conformada por una unidad central de control. Una interfaz de usuario (con pulsadores y módulo de reconocimiento de voz) y diferentes actuadores.

9.2.1 Arquitecturas

Figura 31. Arquitectura centralizada

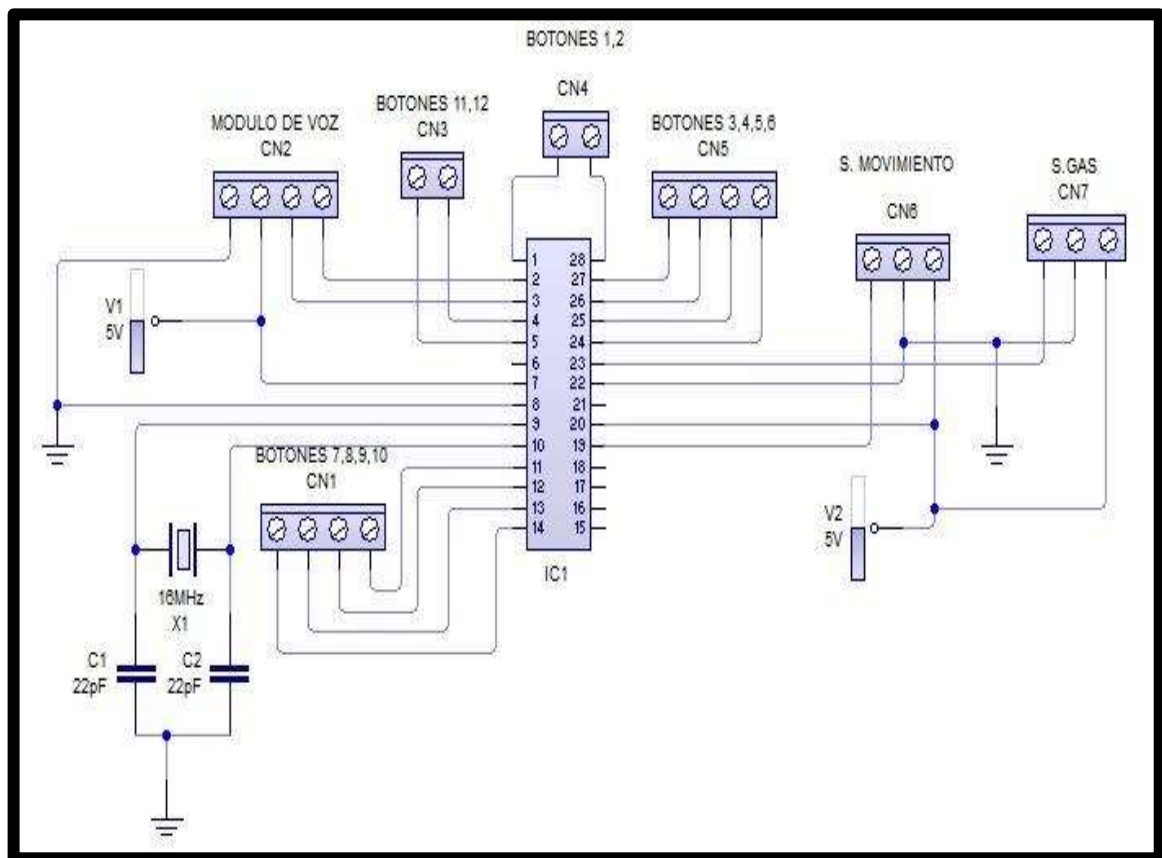


Fuente: elaboración propia

9.2.2 Diseño hardware

Al comprobar el funcionamiento del circuito completo de forma simulada, se procede a diseñar con el software Livewire y PCBWizard paso a paso hasta convertirlo por medio de una placa electrónica virtual optimizando las conexiones de cada componente electrónico, de fácil entendimiento para proceder con la impresión de las pistas para completar el montaje de forma precisa. En la Figura 32 se puede visualizar el circuito general de la etapa de transmisión que se encuentra integrada a la interfaz del usuario.

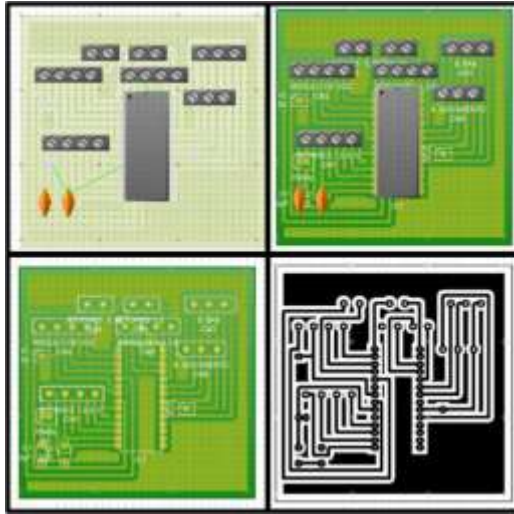
Figura 32. Circuito y esquema de la etapa de transmisión



Fuente: Livewire

En la Figura 33 se puede visualizar el circuito de la etapa transmisora en diferentes modelos o esquemas en el software PCBWizard.

Figura 33. Circuito y esquema para imprimir de la etapa de transmisión



Fuente: PCBWizard

Finalmente se presenta en la Figura 34 el prototipo de la interfaz del sistema, donde se ubica el módulo de reconocimiento de voz, el micro controlador ATMEGA 328P, el sistema de relés para 12 canales para la transmisión que darán soporte a los comandos ejecutados mediante comunicación por voz y los 12 pulsadores que se accionan de forma manual, que darán la orden al micro controlador para accionar los actuadores, que en este caso son los relés que están en la etapa receptora en el módulo de radio frecuencia.

Figura 34. Prototipo de interfaz del sistema



Fuente: elaboración propia

9.2.3 Elementos seleccionados

En la Figura 35 se muestra los elementos seleccionados los cuales confirman el módulo central (reconocimiento de voz, micro controlador y módulo de relés). Para la conexión de la etapa de potencia y control, se selecciona un módulo de radiofrecuencia de 12 relés a 315 MHz permitiendo la comunicación y acción del micro controlador. El micro controlador ATMEGA 328P es adecuado en este Trabajo de grado debido a su compatibilidad con el módulo de reconocimiento de voz y al compartir la biblioteca “voicerecognitionv3” en la plataforma Arduino, el cual sirve para realizar la programación del sistema y realizar pruebas de funcionamiento mediante el envío de salidas digitales “1” y “0” que representan las instrucciones de voz.

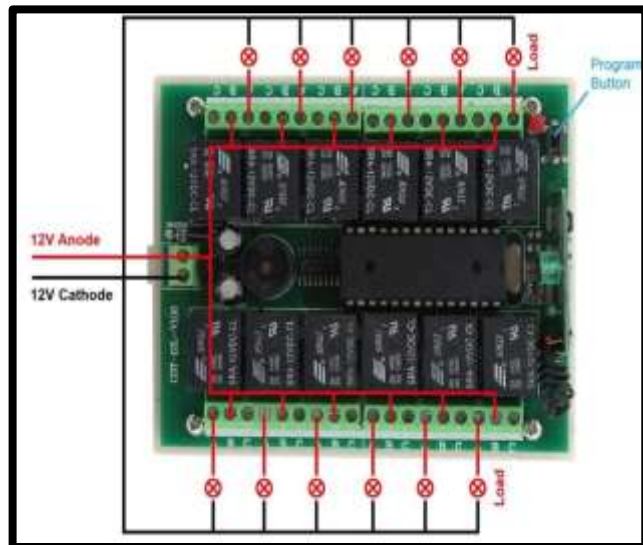
Figura 35. Resumen de elementos seleccionados

MODULO DE RECONOCIMIENTO DE VOZ ELECHOUSE V3 	MODULO RF CON RELE DE 12 CANALES 	MICROCONTROLADOR AT MEGA328P 
MODULO DE SENSOR DE MOVIMIENTO 	ELECTROVALVULA PARA AGUA 	ELECTROVALVULA PARA GAS 
SENSOR DE GAS NATURAL 	MODULO DE RELES DE 12 CANALES 	

Fuente: elaboración propia

En la Figura 36 se observa en la etapa de receptora de radio frecuencia, la cual se alimenta con una fuente de 12V, máximo 24V en corriente continua, en la conexión de la bornera por cada canal se indican 3 pines, el común, el normalmente abierto y normalmente cerrado; al realizar un cambio de estado de cualquiera de los 12 relés, este cambio se confirma mediante un sonido corto que indica la correcta conexión que se establece desde el transmisor. Este módulo permite configurar diferentes modos operación, entre ellos la función de pulsador, enclavamiento y sistema escalable. Por último, se observa la conexión de las cargas donde se conecta el punto común a los pines normalmente abierto o normalmente cerrado, según sea el requerimiento del actuador.

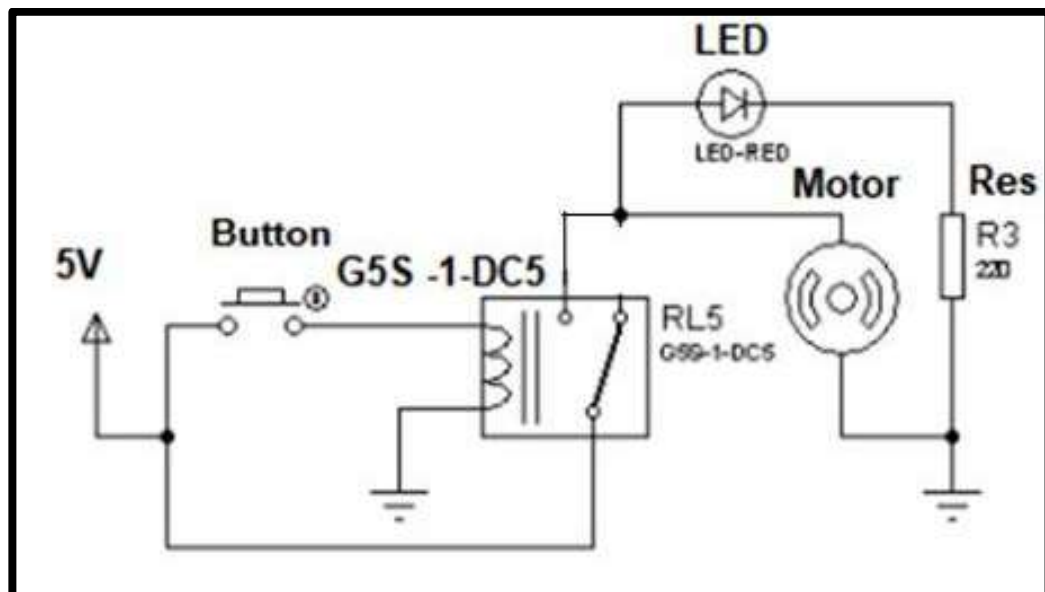
Figura 36. Diagrama de conexión del receptor de radio frecuencia



Fuente: elaboración propia

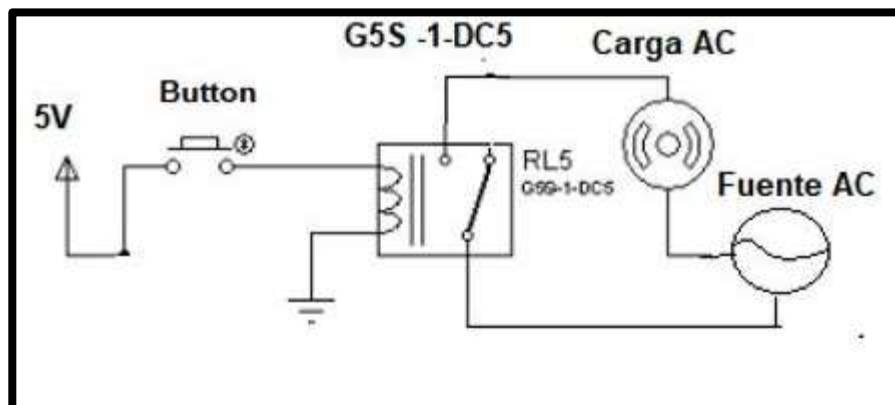
Este módulo de radio frecuencia permite el manejo de cargas, tanto en DC como en AC, a continuación, en las figuras 37 y 38 se observa el diagrama de conexión, el cual se puede aplicar a los actuadores o indicadores, según sea la función.

Figura 37. Conexión relé carga DC



Fuente: elaboración propia

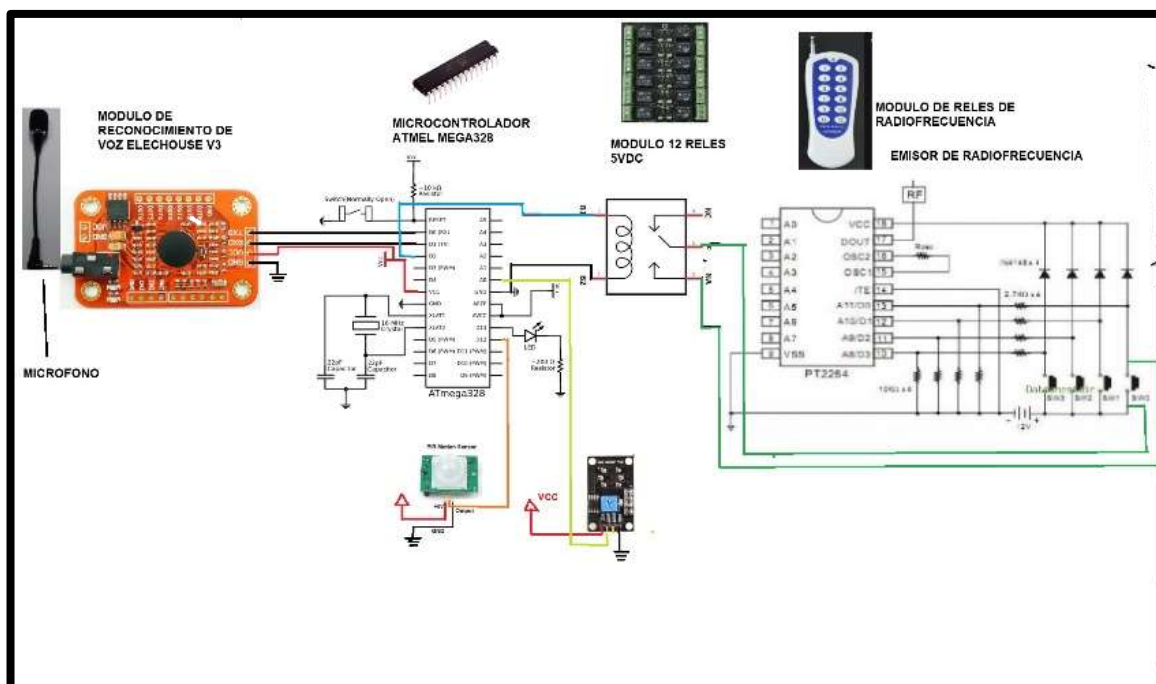
Figura 38. Conexión relé carga AC



Fuente: elaboración propia

En la Figura 39 se detalla el diagrama de conexión a nivel general antes de la transmisión de los datos, donde se ubican las conexiones del módulo de reconocimiento de voz, micro controlador, módulo de relés, sensores, pulsadores y demás componentes para su buen funcionamiento.

Figura 39. Diagrama electrónico de la conexión general del sistema domótico



Fuente: elaboración propia

10 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

A continuación, se realiza una descripción del funcionamiento a nivel general del sistema diseñado, para monitorear los sensores y controlar los actuadores mediante la voz y un control de radiofrecuencia según pruebas realizadas. Se tiene en cuenta que este módulo puede ser inalámbrico o para mayor comodidad se puede ubicar en un lugar central donde se encuentre la persona ya que este módulo de reconocimiento de voz está en constante escucha del usuario, también se le deja como sistema redundante el uso de botones por radiofrecuencia por si el módulo de voz no opere correctamente o viceversa.

Para la activación de los mandos de voz el usuario debe encontrarse cerca del micrófono y pronunciar los comandos que se le configuren en sitio, una vez se realiza la lectura del comando o presión de uno de los botones del control el micro controlador, envía un pulso al módulo de relés para que se transmita la acción por transmisor de radiofrecuencia el cual mediante el receptor da la orden para accionar los relés y en su defecto activar las electroválvulas o actuadores.

10.1 DESCRIPCIÓN MODULOS

Reconocimiento de voz o pulsación de control RF: En este primer módulo se encuentra el módulo de control de radio frecuencia el cual tiene a disposición 12 botones programados el cual al oprimir cada uno de estos se encenderá una luz indicando la comunicación del receptor con acciones básicas y necesarias que se identificaron en el sistema domótico; a su vez se tiene el módulo de reconocimiento de voz Elechouse v3 que cuenta con gran capacidad para almacenar hasta 80 comandos de 1.5 segundos mediante la captura de la voz que es una señal análoga proveniente del usuario, la cual se modula para reconocer la palabra del dispositivo a activar mediante el envío de la señal por el pin de Transmisión (TX).

Procesamiento de señal de transmisión: Aquí se ubica el micro controlador AT Mega 328p que se encarga de analizar y procesar la señal que envía el módulo de reconocimiento de voz que lo recibe por su pin de Recepción (RX), el cual mediante su programación envía una o varias señales digitales a sus pines anteriormente programados, accionando así los relés para que envíen la señal al control de radiofrecuencia siendo 1 señal de alto y 0 señal de bajo.

Transmisión de datos: En este módulo se encuentra el control de radio frecuencia que es una segunda opción para el usuario ya que cuenta a su vez con reconocimiento de voz, este transmite mediante un controlador de referencia PT2264 la señal para ser transmitida a una frecuencia de 315 MHz indicando mediante un led el envío de la señal.

Recepción de datos: En este módulo se encuentra el receptor de radiofrecuencia de 315 MHz el cual procesa el dato que recibe para energizar la bobina de los relés en este caso los 12 voltios, estos relés tienen opción de tener contactos normalmente abiertos o normalmente cerrados con un punto en común, a su vez suena una alarma de confirmación de que la señal llega y mediante un led también confirma la acción de control.

Actuadores o electroválvulas: En este último modulo se ubica la parte mecánica y eléctrica de los dispositivos a controlar, el cual al ser activado por el anterior modulo se procede a la apertura o cierre de las electroválvulas según sea el caso de configuración de cada una de estas, encendiendo o apagando una bombilla, abriendo o cerrando una puerta, entre otros.

11 IMPLEMENTACIÓN

En la implementación del sistema domótico en la vivienda, se seleccionó los actuadores y sensores principales para comprobar su funcionamiento específico en la etapa de prueba, se presentarán actuadores tales como (electroválvula de agua y gas), sensores como (luz, gas y humo).

En la Figura 40 se observa la implementación de la electroválvula del agua la cual es accionada mediante la función ejercida por el módulo de relé de radio frecuencia, para la conexión se debe usar acoples para tubería de agua de ½ pulgada, ya que en la vivienda se obtiene esa referencia de tubería para agua, tanto en el sanitario, en el lava manos, en el lava platos y lavadero, etc.

Figura 40. Implementación de electroválvula de agua



Fuente: elaboración propia

De igual manera en la Figura 41 se observa la implementación del sensor de movimiento, en este caso se realizó una pequeña modificación al techo de la vivienda para ubicar correctamente el sensor, este envía la señal al micro controlador ATMEGA 328P, este módulo requiere una alimentación de 5V DC.

Figura 41. Implementación sensor de movimiento



Fuente: elaboración propia

Continuando la función del sensor de gas que es un dispositivo que generalmente siempre debe estar activo y enviando información de forma análoga en base a la lectura de la concentración del gas natural; se ubica en la parte superior de la estufa, en el techo. Este módulo requiere una alimentación de 5V en DC y una altura adecuada para una lectura precisa (véase Figura 42).

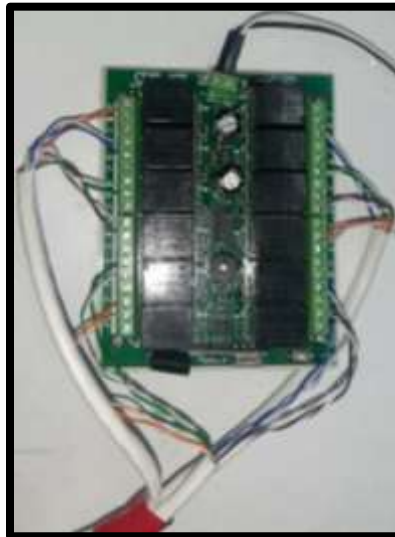
Figura 42. Implementación sensor de gas



Fuente: elaboración propia

En la figura 43 se observa la conexión principal del módulo de recepción de radio frecuencia, donde permite que la conexión se establezca con el transmisor, este módulo opera en el rango de los 12 a 24V en DC, cuenta con un sistema de 12 canales soportados por 12 relés, lo cuales trabajan en AC y DC, estos relés activaran su propio actuador o sensor.

Figura 43. Implementación sistema módulo de receptor de radio frecuencia



Fuente: elaboración propia

12 DESCRIPCIÓN FINANCIERA DEL SISTEMA DOMOTICO

Con todo el ensamble de cada componente, elemento e integración del sistema final, se realizó un costo previo detallado como se evidencia en la tabla 14.

Tabla 14. Costo total final del sistema domótico implementado en la vivienda.

ELEMENTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR FINAL (Pesos COP)
MODULO DE RECONOCIMIENTO DE VOZ ELECHOUSE V3	1	\$ 90.000	\$ 90.000
MICROCONTROLADOR AT MEGA 328p	1	\$ 13.000	\$ 13.000
ELECTROVALVULA PARA GAS	1	\$ 93.000	\$ 93.000
ELECTROVALVULA AGUA	1	\$ 33.000	\$ 33.000
SENSOR DE GAS NATURAL	1	\$ 12.000	\$ 12.000
SENSOR DE MOVIMIENTO	8	\$ 7.000	\$ 56.000
MODULO RELE X 1	12	\$ 5.500	\$ 66.000
MODULO RELE CONTROL REMOTO 12V 12 CANALES 315 MHz	1	\$ 75.000	\$ 75.000
CABLEADO PARA INSTALACION DE PARTE DE POTENCIA - CABLE DUPLEX #12	10	\$ 1.800	\$ 18.000
CABLEADO PARA INSTALACION DE PARTE DE CONTROL - UTP CAT 5E	10	\$ 1.000	\$ 10.000
TOTAL			\$ 466.000

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la tabla anterior, se puede concluir que para implementar e instalar un sistema con estas características, su costo total es totalmente asequible a comparación de un sistema que actualmente se pueden comprar con las mismas prestaciones de funcionamiento, generalmente por un precio hasta más que el doble del costo total del sistema implementado.

13 CONCLUSIONES

Al realizar el diseño e implementación del dispositivo domótico, se realizan las siguientes conclusiones:

Desde el proceso y ejecución del funcionamiento del sistema domótico, se mitigó la dependencia funcional a los adultos mayores en cuanto a bienestar, seguridad y confort, gracias a la tecnología de radiofrecuencia, manteniendo un modelo inicial de bajo costo, viable y eficiente; esto se comprobó con pruebas de funcionalidad del sistema en la vivienda donde una persona adulta fue participe en las pruebas, en donde interactuó con el sistema domótico de manera satisfactoria. Este sistema integra una interfaz al usuario que se compone de un reconocimiento de voz, pulsadores, un micro controlador y la acción transmitida ejercida por los relés, según el comando de voz realizado. También incorpora una etapa de recepción, que se compone de actuadores y sensores activados por la señal recibida del transmisor y relés.

De acuerdo a la información recopilada en la estadística oficial a nivel nacional y en el entorno social, los datos indican que un sistema domótico se requiere necesariamente y que a esas personas, les va a permitir mejorar efectivamente su relación con los demás en su entorno, donde la dependencia funcional no sea algún percance y que no sea necesario acudir a otros métodos de ayuda, como a otra persona o un sistema domótico con las mismas prestaciones, pero difícil de adquirir, principalmente por su precio e implementación, es por ello, que de acuerdo a esta información, se procedió realizar una encuesta a personas de cualquier de edad, en donde se identificó que efectivamente, si existe personas que tienen alguna limitación o dependencia funcional en un rango de edad mayor de 60 años y que es viable interferir en sus funciones y actividades físicas, dándoles a conocer este sistema domótico para que reciban mayor comodidad en sus viviendas .

Se identificaron las tecnologías de comunicación en domótica, que hasta ahora están operando en el mercado, entre ellas las más usadas, están Zigbee y WI-FI, ya que son muy completas en el ámbito de interfaz de usuario y eficiente con la administración de la transmisión de información. Para la implementación del sistema domótico, se incorporó la tecnología por radio frecuencia, principalmente por su buen alcance y bajo costo, además no se requiere servicios de internet o un alto flujo de datos y subredes para el uso de una tecnología tan completa, por ejemplo, dispositivos como Google Home o asistentes de voz inteligentes que usan dichas tecnologías de comunicación.

Con los requerimientos del sistema domótico ajustados a las necesidades del adulto mayor, se identifica que no todas las actividades se pueden gestionar, debido a que los comandos tienen que ser simples y fluidos. Las características que posee el dispositivo de reconocimiento de voz son de algún modo limitadas, en cuanto al tiempo de grabación, permite un tope de comandos y un determinado alcance de la

voz del usuario. Sin embargo, en las pruebas realizadas previamente, se comprueba que este dispositivo tiene la capacidad de reconocer cualquier tonalidad de voz, con la condición de que la palabra se pronuncie correctamente.

Al realizar la implementación del sistema en la vivienda, se hizo una visita previa para verificar el estado de las conexiones, la distribución del cableado, desde la interfaz del usuario, hasta la etapa de activación del actuador o sensor. También se validó la ubicación de cada componente electrónico para posteriormente comprobar y verificar el funcionamiento de las mejores condiciones del sistema, a continuación, como se puede evidenciar el funcionamiento del sistema https://drive.google.com/file/d/1f1aBjEG-oLXkQYBvBkFQw_6J1lk0wGq/view?usp=sharing (Elaboración propia).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Infrarrojo (IRDA)». {En línea}. {26 de abril 2020}. Disponible en: <https://todo-redes.com/conexiones-inalambricas/infrarrojo-irda/>
- [2] «Sistemas industriales distribuidos». {En línea}. {26 de abril 2020}. Disponible en: https://www.uv.es/rosado/courses/sid/Capitulo2_rev0.pdf.
- [3] «Tecnología de la información y la comunicación - Redes - Monografias.com». {En línea}. {26 de abril 2020}. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos107/tecnologia-informacion-y-comunicacion-redes/tecnologia-informacion-y-comunicacion-redes.shtml>.
- [4] «Transmisión de datos por RF)». {En línea}. {27 de octubre 2020}. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/701/A7.pdf?sequence=7>
- [5] «Vista de Tecnologías de comunicación para redes de potencia inteligentes de media y alta tensión |Revista Prisma Tecnológico». {En línea}. {26 de abril 2020}. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/520/html>
- [6] «WiMAX». En Wikipedia, la enciclopedia libre, 10 de marzo de 2020. {En línea}. {26 de abril 2020}. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=WiMAX&oldid=124154317>
- [7] Builes Ocampo, «Implementación en las tipologías de vivienda familiar del sistema tecnológico domótica». {En línea}. {17 de Julio de 2014}. Disponible en: <http://repositorio.ucp.edu.co/handle/10785/4706>
- [8] Camargo, García, y Gaona, «Human Voice Recognition Applied to Domotics». {En línea}. {septiembre 2012}. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5038438.pdf>
- [9] Das et al., «Security Based Domotics». {En línea}. {1 de enero 2013}. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.441>

- [10] Dignani y Drangosch, «Interconectando sistemas de domótica». {En línea}. {mayo 2008}. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/20551>
- [11] Domínguez, «Aplicaciones orientadas a la domótica con Raspberry Pi». {En línea}. {2015}. Disponible en: <http://bibinq.us.es/proyectos/abreproy/90330/fichero/Memoria+TFG.pdf>
- [12] Fabián, Julio Carlos, y Moumtadi, «Activación de funciones en edificios inteligentes utilizando comandos de voz desde dispositivos móviles». {En línea}. {abril 2014}. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(14\)72208-5](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(14)72208-5)
- [13] Gutiérrez Robledo, Luis Miguel, María del Carmen García-Peña, y Javier Jiménez Bolón. Envejecimiento y dependencia: realidades y previsión para los próximos años: documento de postura, 2014. {En línea}. {2013-2014}. Disponible en: <https://acortar.link/6QWFK>
- [14] Hornero, Corralejo, y Álvarez, «Grupo de Ingeniería Biomédica (GIB). Universidad de Valladolid». {En línea}. {2012}. Disponible en: <http://envejecimiento.csic.es/documentos/documentos/lychnos08-hornero-braincomputer-01.pdf>
- [15] Llumiquinga y Aníbal, «Diseño y construcción de un prototipo de control domótica inalámbrico para discapacitados». {En línea}. {15 mayo 2015}. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6350>
- [16] Min Salud. «ABECÉ DE LA DISCAPACIDAD». {En línea}. {2 de noviembre 2020}. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/abece-de-la-discapacidad.pdf>
- [17] Monografias.com, Ismael Pintado. «Accesibilidad en la Domótica - Monografias.com». {En línea}. {26 de abril 2020}. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos105/accesibilidad-domotica/accesibilidad-domotica.shtml>
- [18] Montesdeoca Contreras et al., «Mobile applications using TCP/IP-GSM protocols applied to domotic». {En línea}. {octubre 2015}. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7497085?arnumber=7497085>

- [19] Nicopolitidis, y Faouzi Zarai, 119-53. Boston: Morgan Kaufmann, {En línea}. {2015}. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800887-4.00005-5>.
- [20] Ortiz Meléndez y Velandia Prieto, «Diseño de una vivienda domótica autosustentable para el área rural en piso térmico frío». {En línea}. {2014}. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1376>
- [21] Tiempo, Casa Editorial El. «El desalentador panorama del adulto mayor en Colombia». Portafolio.co». {En línea}. {2 de noviembre 2020}. Disponible en: <https://www.portafolio.co/economia/panorama-del-adulto-mayor-en-colombia-2018-517356>

ANEXOS

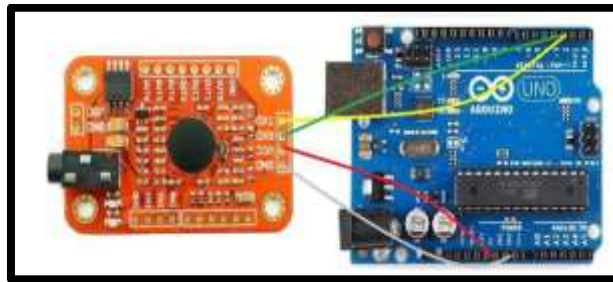
Anexo A. Entrenamiento del módulo de reconocimiento de voz

Tabla 15. Conexión del módulo reconocimiento de voz a Arduino.

Pines Arduino		Pines Modulo VR
5V	→	5V
2	→	TX
3	→	RX
GND	→	GND

Fuente: elaboración propia

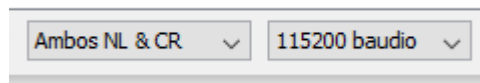
Figura 44. Conexión física con el módulo de pruebas ARDUINO UNO



Fuente: elaboración propia

Pasos:

- Abrir el programa Arduino, elegir la placa y puerto para establecer la configuración
- Insertar el código, compilar y subir a la placa.
- Abrir el monitor serie, realizar la configuración de velocidad a 115200 baudios y elegir el modo NL & CR.



- Se ingresa la siguiente instrucción para entrar en el modo configuración “settings” como se observa a continuación.

Usage:			
COMMAND	FORMAT	EXAMPLE	Comment
train	train (r0) (r1)...	train 0 2 45	Train records
load	load (r0) (r1) ...	load 0 51 2 3	Load records
clear	clear	clear	remove all records in Recognizer
record	record / record (r0) (r1)...	record / record 0 75	Check record train status
vr	vr	vr	Check recognizer status
getsig	getsig (r)	getsig 0	Get signature of record (r)
sigtrain	sigtrain (r) (sig)	sigtrain 0 ZERO	Train one record(r) with signature(sig)
settings	settings	settings	Check current system settings
help	help	help	print this message
settings			
Baud rate: 9600			
Output IO Mode: Pulse			
Pulse Width: 10ms			
Auto Load: disable			
Group control by external IO: disabled			

Fuente: Software Arduino – Monitor serie

- Para guardar la primer instrucción o comando de voz, se ingresa el comando “sigtrain” “0” “comando” siendo este penúltimo la posición del registro en este caso tenemos opción para guardar 255 y cargar 7 comandos al tiempo según ficha técnica del módulo. Una vez se le asignen la ubicación y comando se empieza a guardar, mediante el monitor serie se evidencia que el proceso ha sido guardado con éxito.

Se evidencia que cuando el módulo empieza el procedimiento ocurre lo siguiente:

- Led naranja parpadea rápido es para alistarse
- Led rojo fijo: grabar comando por primera vez
- Led naranja parpadea lento: preparando para segunda grabación.
- Led rojo fijo: grabar comando por segunda vez.
- Led rojo y naranja parpadeando a la vez, los comandos coinciden y guarda.

```

settings
-----
Baud rate: 9600
Output IO Mode: Pulse
Pulse Width: 10ms
Auto Load: disable
Group control by external IO: disabled
-----
clear
-----
Recognizer cleared.
-----
sigtrain 0 encender
-----
Record: 0      Speak now
Record: 0      Speak again
Record: 0      Success
Success: 1
Record 0      Trained
SIG: encender
-----
sigtrain 0 apagar
-----
Record: 0      Speak now
Record: 0      Speak again
Record: 0      Success
Success: 1
Record 0      Trained
SIG: apagar

```

Fuente: Software Arduino – Monitor serie

- Para cargar el comando se escribe la instrucción “load” “0 1” para cargar los comandos 0 y 1 anteriormente grabados.

```

load 0 1
-----
Load success: 2
Record 0      Loaded
Record 1      Loaded
-----

```

Fuente: Software Arduino – Monitor serie

- Se verifica que si quede guardado mediante la instrucción “getsig” “0” o “getsig 1” como se observa en la siguiente imagen.

```
getsig 0
-----
Signature:encender
-----
getsig 1
-----
Signature:apagar
-----
```

Fuente: Software Arduino – Monitor serie

Finalmente, ya se puede hacer uso de los comandos, los cuales se verifican en el código de ejemplo de las librerías por defecto de Arduino.

- Cocina: controla la iluminación de la cocina.

```
sigtrain 0 cocina
-----
Record: 0      Speak now
Record: 0      Speak again
Record: 0      Success
Success: 1
Record 0 Trained
SIG: cocina
-----
```

Fuente: Software Arduino – Monitor serie

- Nevera: controla la toma donde se encuentra conectada la nevera

```
sigtrain 1 nevera
```

```
Record: 1      Speak now
Record: 1      Speak again
Record: 1      Success
Success: 1
Record 1 Trained
SIG: nevera
```

Fuente: Software Arduino – Monitor serie

- Estufa: controla la toma donde se encuentra conectada la estufa.

```
sigtrain 2 estufa
```

```
Record: 2      Speak now
Record: 2      Speak again
Record: 2      Success
Success: 1
Record 2 Trained
SIG: estufa
```

Fuente: Software Arduino – Monitor serie

- Ventilar: controla el ventilador ubicado en la cocina que extrae los humos excesivos de las comidas.

```
sigtrain 3 ventilar
```

```
Record: 3      Speak now
Record: 3      Speak again
Record: 3      Too noisy
Record: 3      Speak now
Record: 3      Speak again
Record: 3      Success
Success: 1
Record 3 Trained
SIG: ventilar
```

Fuente: Software Arduino – Monitor serie

- Lavaplatos: controla la electroválvula de agua ubicada en la alimentación de la llave del lavaplatos.

```
-----
sigtrain 4 lavaplatos
-----
Record: 4      Speak now
Record: 4      Speak again
Record: 4      Success
Success: 1
Record 4 Trained
SIG: lavaplatos
-----
```

Fuente: Software Arduino – Monitor serie

- Alarma: controla un pito que indica alguna situación de emergencia dentro de la casa.

```
-----
sigtrain 5 alarma
-----
Record: 5      Speak now
Record: 5      Speak again
Record: 5      Cann't matched
Record: 5      Speak now
Record: 5      Speak again
Record: 5      Success
Success: 1
Record 5 Trained
SIG: alarma
-----
```

Fuente: Software Arduino – Monitor serie

- Puerta: controla la apertura de la puerta principal.

```
-----
sigtrain 6 puerta
-----
Record: 6      Speak now
Record: 6      Speak again
Record: 6      Success
Success: 1
Record 6 Trained
SIG: puerta
-----
```

Fuente: Software Arduino – Monitor serie

- Apagar: Controla el apagado de todos los dispositivos que tenemos conectados.

```
-----
sigtrain 7 apagar
-----
Record: 7      Speak now
Record: 7      Speak again
Record: 7      Success
Success: 1
Record 7 Trained
SIG: apagar
-----
```

Fuente: Software Arduino – Monitor serie

- Se cargan los comandos con la palabra “load” seguido del número donde se guardó la palabra y espacio entre estos como se muestra a continuación.

```
-----
load 0 1 2 3 4 5 6
-----
Load success: 7
Record 0 Loaded
Record 1 Loaded
Record 2 Loaded
Record 3 Loaded
Record 4 Loaded
Record 5 Loaded
Record 6 Loaded
-----
```

Fuente: Software Arduino – Monitor serie

- Pruebas del reconocimiento de voz elechouse v3 en el ejemplo “CONTROL_LED”

```
Elechouse Voice Recognition V3 Module
Control LED sample
Recognizer cleared.
cocina
nevera
estufa
ventilar
lavaplatos
alarma
puerta
```

Fuente: Software Arduino – Monitor serie

A continuación, se muestra en el monitor serie el reconocimiento de los comandos anteriormente cargados los cuales accionan los pines de salida asignados

VR Index	Group	RecordNum	Signature	
0		NONE	0	cocina
VR Index	Group	RecordNum	Signature	
1		NONE	1	nevera
VR Index	Group	RecordNum	Signature	
2		NONE	2	estufa
VR Index	Group	RecordNum	Signature	
1		NONE	1	nevera
VR Index	Group	RecordNum	Signature	
1		NONE	1	nevera
VR Index	Group	RecordNum	Signature	
3		NONE	3	ventilar
VR Index	Group	RecordNum	Signature	
5		NONE	5	alarma
VR Index	Group	RecordNum	Signature	
6		NONE	6	puerta
VR Index	Group	RecordNum	Signature	
4		NONE	4	lavaplatos

Fuente: Software Arduino – Monitor serie

Anexo B. Código de programación del sistema domótico

Parte detección de gas

```
int LED = 5; // Use the onboard Uno LED
int analog_IN = A0; // This is our input pin

void setup() {
  pinMode(LED, OUTPUT);
  pinMode(analog_IN, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  int Value = analogRead(analog_IN);
  Serial.print("Analog read: ");
  Serial.println(Value);
  if(Value > 300)
  {
    digitalWrite(LED,HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(LED,LOW);
  }
  delay(200);
}
```

código de accionamiento de control de voz

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include "VoiceRecognitionV3.h"
/**Connection
Arduino VoiceRecognitionModule
2 -----> TX
3 -----> RX
*/
VR myVR(2,3); // 2:RX 3:TX, you can choose your favourite pins.
uint8_t records[7]; // save record
uint8_t buf[64];

int pincocina = 4;
int pinnevera= 5;
int pinestufa = 6;
int pinventilar = 7;
int pinlavaplatos = 8;
int pinalarma = 9;
int pinpuerta =10;

boolean estadococina= false;
boolean estadonevera = false;
boolean estadoestufa = false;
boolean estadoventilar = false;
boolean estadolavaplatos = false;
boolean estadoalarma = false;
boolean estadopuerta = false;

#define cocina (0)
#define nevera (1)
#define estufa (2)
#define ventilar (3)
#define lavaplatos (4)
#define alarma (5)
#define puerta (6)
```

```

void printSignature(uint8_t *buf, int len)
{
    int i;
    for(i=0; i<len; i++){
        if(buf[i]>0x19 && buf[i]<0x7F){
            Serial.write(buf[i]);
        }
        else{
            Serial.print("[");
            Serial.print(buf[i], HEX);
            Serial.print("]");
        }
    }
}

/**buf[0] --> Group mode(FF: None Group, 0x8n: User, 0x0n: System
buf[1] --> number of record which is recognized.
buf[2] --> Recognizer index(position) value of the recognized record.
buf[3] --> Signature length
buf[4]~buf[n] --> Signature
*/
void printVR(uint8_t *buf)
{
    Serial.println("VR Index\tGroup\tRecordNum\tSignature");
    Serial.print(buf[2], DEC);
    Serial.print("\t\t");

    if(buf[0] == 0xFF){
        Serial.print("NONE");
    }
    else if(buf[0]&0x80){
        Serial.print("UG ");
        Serial.print(buf[0]&(~0x80), DEC);
    }
    else{
        Serial.print("SG ");
        Serial.print(buf[0], DEC);
    }
    Serial.print("\t");

    Serial.print(buf[1], DEC);
    Serial.print("\t\t");
    if(buf[3]>0){
        printSignature(buf+4, buf[3]);
    }
}

```

```

else{
  Serial.print("NONE");
}
Serial.println("\r\n");
}
void setup()
{
  /** initialize */
  myVR.begin(9600);

  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Elechouse  Voice  Recognition  V3  Module\r\nControl  LED
sample");

  pinMode(pincocina, OUTPUT);
  pinMode(pinnevera, OUTPUT);
  pinMode(pinestufa, OUTPUT);
  pinMode(pinventilar, OUTPUT);
  pinMode(pinlavaplatos, OUTPUT);
  pinMode(pinalarma, OUTPUT);
  pinMode(pinpuerta, OUTPUT);

  digitalWrite(pincocina, LOW);
  digitalWrite(pinnevera, LOW);
  digitalWrite(pinestufa, LOW);
  digitalWrite(pinventilar, LOW);
  digitalWrite(pinlavaplatos, LOW);
  digitalWrite(pinalarma, LOW);
  digitalWrite(pinpuerta, LOW);

  if(myVR.clear() == 0){
    Serial.println("Recognizer cleared.");
  }else{
    Serial.println("Not find VoiceRecognitionModule.");
    Serial.println("Please check connection and restart Arduino.");
    while(1);
  }
}

```

```

if(myVR.load((uint8_t)cocina) >= 0){
  Serial.println("cocina");
}
if(myVR.load((uint8_t)nevera) >= 0){
  Serial.println("nevera");
}
if(myVR.load((uint8_t)estufa) >= 0){
  Serial.println("estufa");
}
if(myVR.load((uint8_t)ventilar) >= 0){
  Serial.println("ventilar");
}
if(myVR.load((uint8_t)lavaplatos) >= 0){
  Serial.println("lavaplatos");
}
if(myVR.load((uint8_t)alarma) >= 0){
  Serial.println("alarma");
}
if(myVR.load((uint8_t)puerta) >= 0){
  Serial.println("puerta");
}
}
}
void loop()
{
  int ret;
  ret = myVR.recognize(buf, 50);
  if(ret>0){
    switch(buf[1]){

    case cocina:
      digitalWrite(pincocina, !digitalRead(pincocina));
      delay (300);
      digitalWrite(pincocina,LOW);
      break;

    case nevera:
      digitalWrite(pinpuerta, !digitalRead(pinnevera));
      delay (300);
      digitalWrite(pinnevera,LOW);
      break;

```

```

case estufa:
digitalWrite(pinestufa, !digitalRead(pinestufa));
delay (300);
digitalWrite(pinestufa,LOW);
break;

case ventilar:
digitalWrite(pinventilar, !digitalRead(pinventilar));
delay (300);
digitalWrite(pinventilar,LOW);
break;

case lavaplatos:
digitalWrite(pinlavaplatos, !digitalRead(pinlavaplatos));
delay (300);
digitalWrite(pinlavaplatos,LOW);
break;

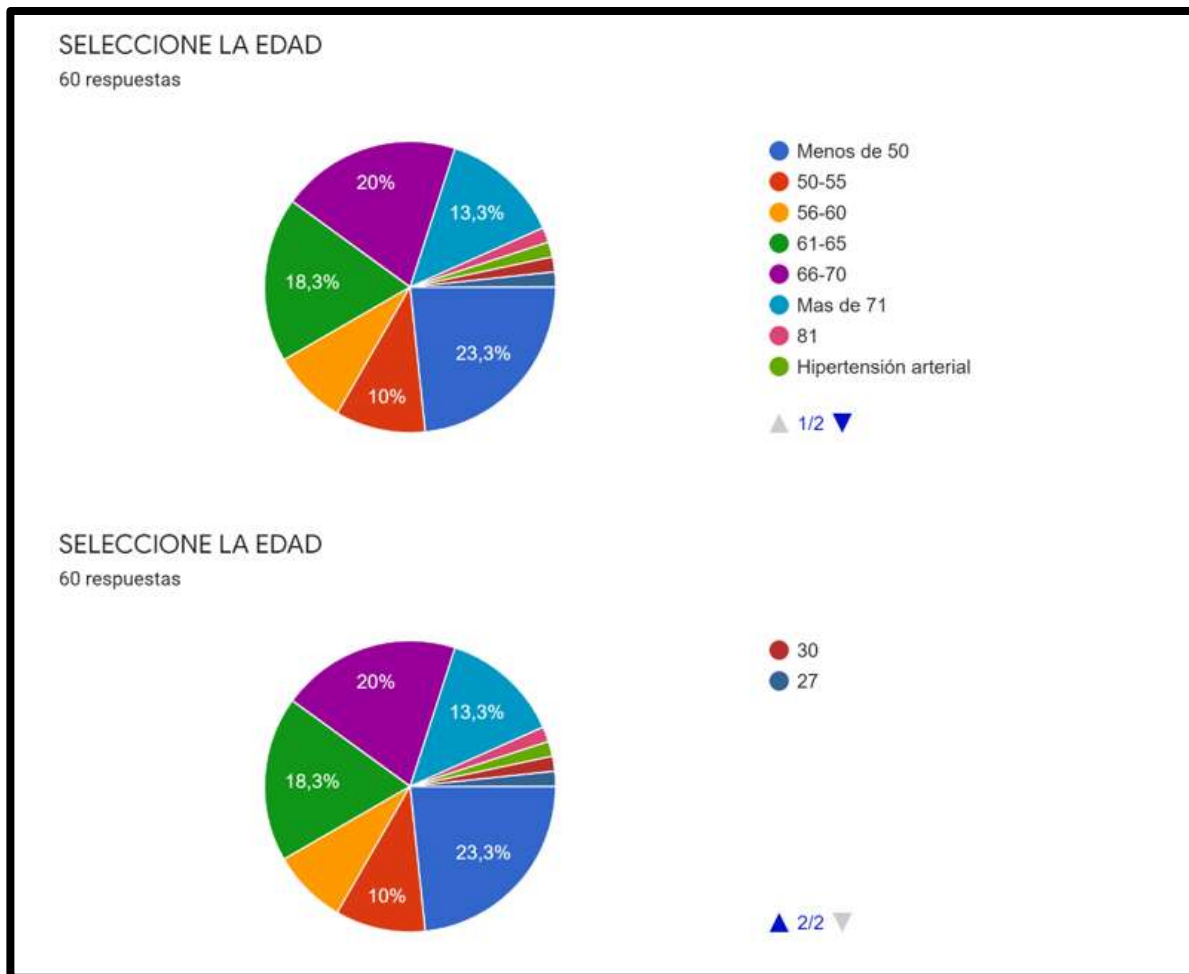
case puerta:
digitalWrite(pinpuerta, !digitalRead(pinpuerta));
delay (300);
digitalWrite(pinpuerta,LOW);
break;

default:
Serial.println("Record function undefined");
break;
}
/** voice recognized */
printVR(buf);
}
}

```

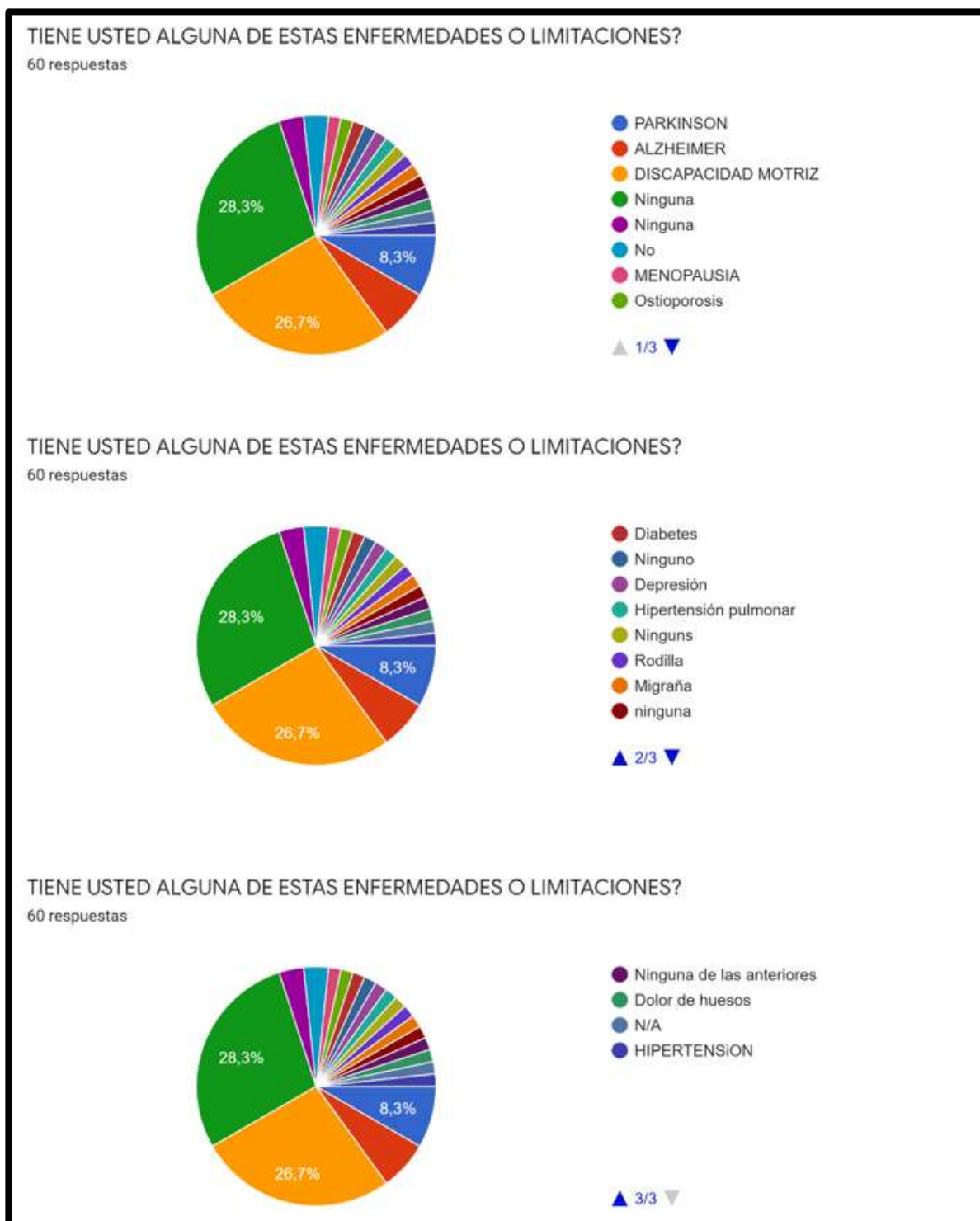

Anexo C. Encuesta

Figura 45. Pregunta No. 1.



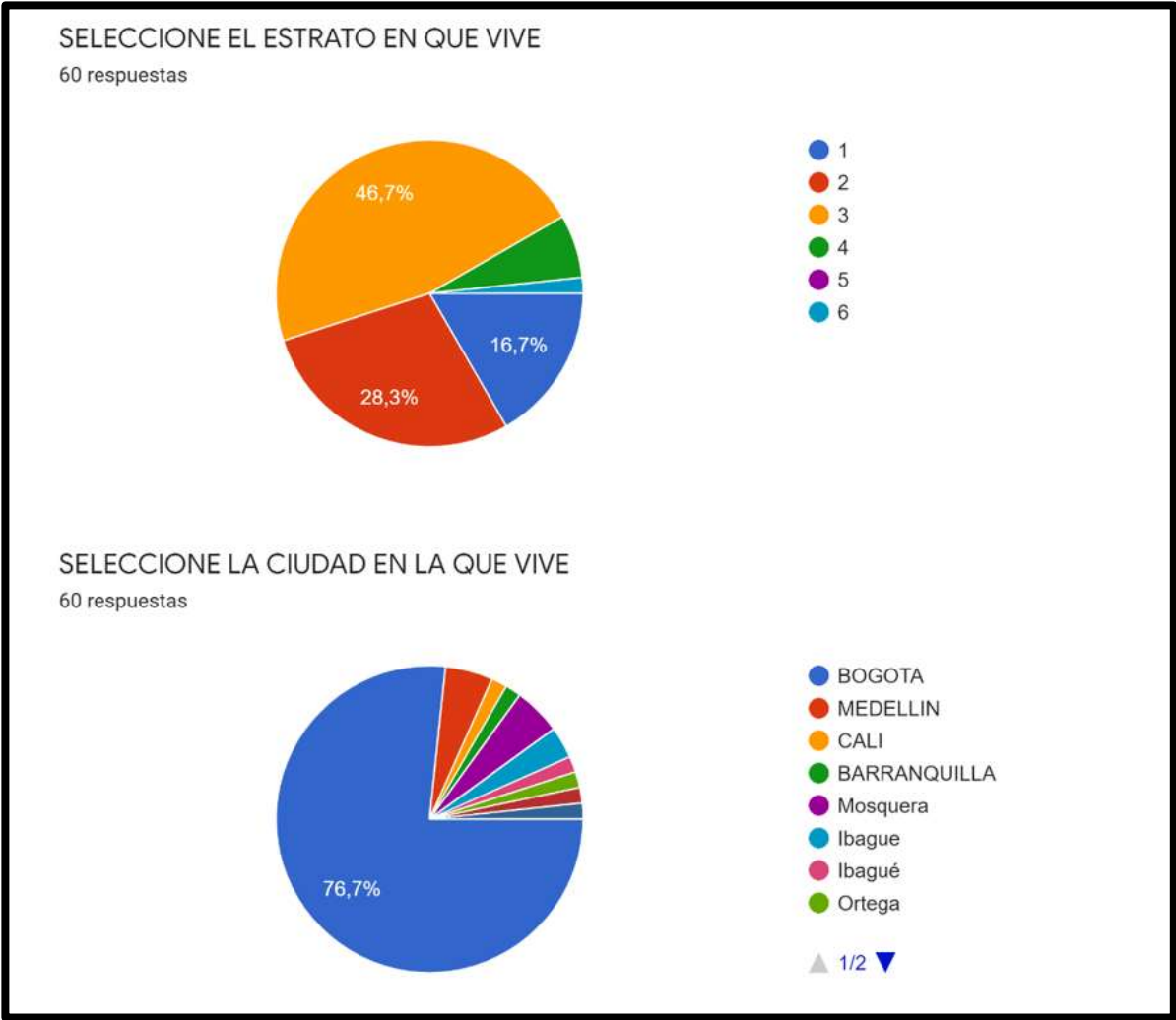
Fuente: formularios de Google

Figura 46. Pregunta No. 2.



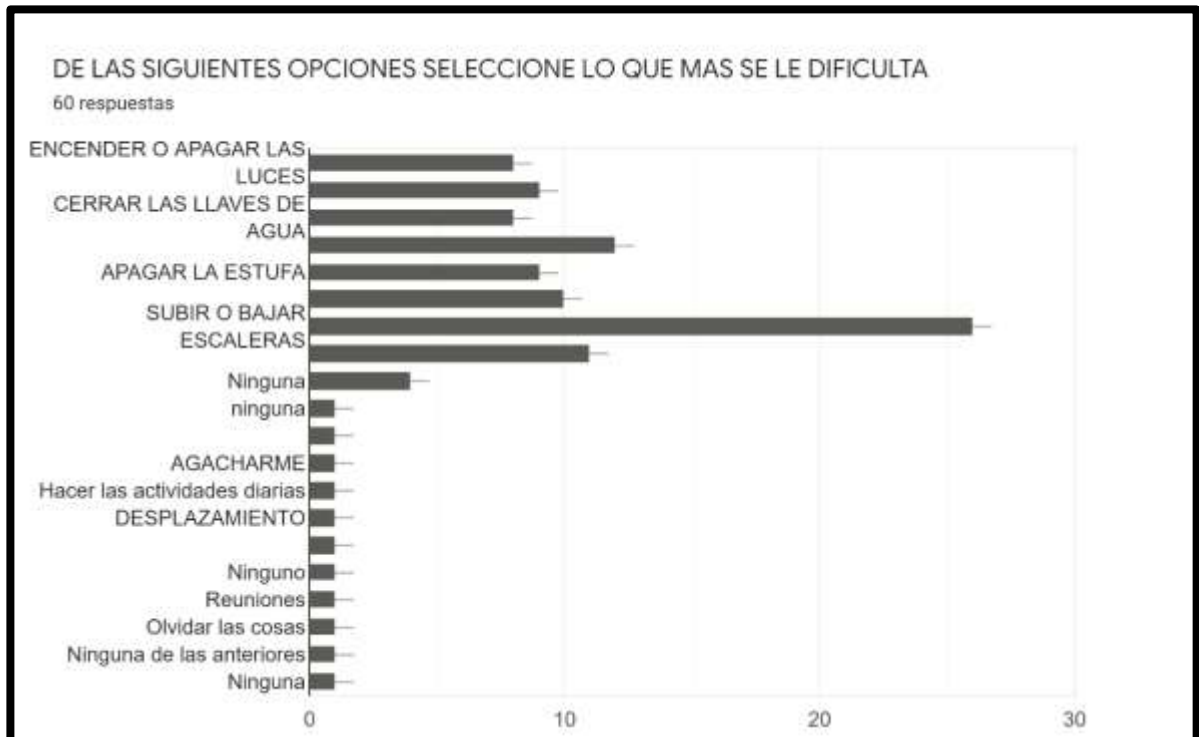
Fuente: formularios de Google

Figura 47. Pregunta No. 3.



Fuente: formularios de Google

Figura 48. Pregunta No. 4.



Fuente: formularios de Google

Figura 49. Pregunta No. 5.



Fuente: formularios de Google